Titres et Travaux scientifiques

du

Docteur Henri V. VALLOIS



48. **La formation progressive du biceps crural chez les anthropoïdes et chez l'homme.** *C. R. de la Société de Biologie*, mars 1920.

49. **Sur les premiers stades du développement du glomérule coccygien chez l'homme** (avec M. A. Peyron). *C. R. de l'Académie des Sciences*, avril 1920.

50. **Sur l'organisation progressive du glomérule coccygien chez l'homme** (avec M. A. Peyron). *C. R. de la Soc. de Biologie*, avril 1920.

51. **Revue annuelle d'Anatomie** (avec M. R. Anthony). *Revue générale des Sciences* (sous presse).

Diverses analyses *in* :

Revue générale des Sciences.

Revue de l'Ecole d'Anthropologie de Paris.

ANALYSE DES TRAVAUX

I. — QUESTIONS GÉNÉRALES D'ANATOMIE COMPARÉE DES VERTÉBRÉS

Les éléments ventraux de la ceinture scapulaire chez les Batraciens [1] (24)

Le type de ceinture scapulaire considéré comme fondamental, celui dont, idéalement, on fait dériver la ceinture de tous les autres vertébrés terrestres, est celui réalisé chez les Batraciens urodèles. Chez ceux-ci (fig. 1), la ceinture se compose de trois pièces, l'une dorsale, les deux autres ventrales, s'unissant par leur base, et à peu près au point d'union desquelles se trouve la cavité glénoïde où s'articule la tête de l'humérus. La pièce dorsale est dite *scapulum*. Des deux pièces ventrales, l'une, postérieure, se dirigeant directement en dedans et entrant en contact avec celle du côté opposé, est dite *coracoïde ;* l'autre, antérieure, plus étroite, se dirigeant obliquement en dedans et en avant, mais restant assez loin de la ligne médiane, est dite *procoracoïde*.

On admet que chez les Batraciens anoures (fig. 2 et 3), qui conduiraient à ce point de vue aux autres Vertébrés, la ceinture scapulaire est construite sur le même type. Toutefois, les deux éléments ventraux se seraient réunis à leur extrémité libre, formant un anneau complet qui circonscrit un orifice auquel, par analogie avec ce que l'on observe à la ceinture pelvienne des

[1] Les conclusions de ce mémoire ont été adoptées par M. le Professeur Vialleton dans son travail sur « la Ceinture pectorale des Vertébrés tétrapodes ».

Mammifères par exemple, on a donné le nom de *trou obturateur*. L'élément qui forme la marge postérieure de l'anneau est donc considéré comme étant le coracoïde ; celui qui en forme la marge antérieure comme étant le procoracoïde. Notons, par parenthèse, qu'à ce dernier se superpose de bonne heure et souvent même finit par se substituer totalement un élément osseux, d'origine membraneuse, qui est la *clavicule*.

L'interprétation que nous venons de rapporter des éléments ventraux de la ceinture scapulaire chez les urodèles d'une part et chez les anoures de l'autre, sert de base à la conception actuelle de l'évolution morphologique de cette ceinture chez les autres Vertébrés marcheurs.

On considère, en effet, qu'à l'exception des cas peu nombreux où tous les deux semblent persister (Chéloniens parmi les Reptiles, Ratites parmi les Oiseaux, Monotrèmes peut-être parmi les Mammifères), les éléments ventraux de la ceinture scapulaire subissent au cours de la phylogénie une régression progressive. Cette régression porterait tantôt sur un seul élément, tantôt sur les deux à la fois, et la plupart des auteurs admettent que, lorsqu'un seul élément persiste, c'est l'élément coracoïdien.

Mais ces manières de voir, quelles qu'elles soient, ont toutes un même point de départ : l'homologation des deux éléments ventraux de la ceinture scapulaire des anoures à ceux de la ceinture scapulaire des urodèles. Cette homologation repose-t-elle sur des bases solides ?

Nous avons étudié, chez de nombreux Batraciens, la ceinture scapulaire et tout spécialement sa cavité glénoïde, puis les divers muscles de l'épaule et les nerfs qui s'y rendent. Or cette étude nous permet d'affirmer que *le procoracoïde des urodèles n'a rien à faire avec la branche antérieure de la portion ventrale de la ceinture des anoures*. L'homologation des parties ventrales de la ceinture scapulaire des Vertébrés serait donc toute à reprendre, puisque le point de départ qu'on lui donne est faux.

Le premier argument que nous faisons valoir est la situation des divers segments de la ceinture par rapport à la cavité glénoïde. Si l'on prolonge, en effet, chez un urodèle l'axe de cette dernière (axe facile à déterminer, puisque la cavité glénoïde a une forme en fer à cheval), on constate (fig. 1) qu'il passe par l'échancrure coraco-

procoracoïdienne, laissant par conséquent du côté dorsal le procoracoïde, ce qui tendrait à indiquer que le procoracoïde est, morphologiquement, plutôt une pièce dorsale qu'une pièce ventrale. Ceci est d'ailleurs corroboré par le fait que le procoracoïde ne présente jamais de centre d'ossification distinct et que, quand sa base s'ossifie, c'est toujours par l'extension du noyau d'ossification du scapulum. De ces faits, on peut conclure que le procoracoïde des urodèles n'est pas, à proprement parler, une pièce ventrale, mais qu'il se rattache étroitement au scapulum, tant au point de vue anatomique qu'à celui de l'embryologie.

Chez les anoures, la cavité glénoïde offre le même aspect que chez les urodèles. Or, chez eux, l'axe de cette cavité passe dorsalement à l'ensemble de la plaque ventrale. Toute cette plaque, c'est-à-dire le procoracoïde et le coracoïde des classiques, présente donc par rapport à l'humérus cette même position ventrale qu'avait seul le coracoïde des urodèles. D'autre part (fig. 2 et 3), dorsalement à l'axe de la cavité glénoïde, on voit se détacher de la base du scapulum une apophyse assez marquée dirigée cranialement et qu'on appelle l'*acromion*. C'est cet acronion des anoures qui représente, pour nous, l'équivalent morphologique du procoracoïde des urodèles.

La pièce cartilagineuse qui limite en avant le trou obturateur des anoures ne serait donc pas un procoracoïde, mais seulement la branche antérieure d'un coracoïde fenestré. La pièce qui limite en arrière ce trou obturateur ne représenterait plus que la moitié postérieure du coracoïde au lieu de représenter le coracoïde tout entier. Quant au soi-disant trou obturateur, il ne serait plus l'équivalent de l'échancrure coraco-procoracoïdienne des urodèles : le fait qu'il donne passage à un nerf du plexus brachial, le nerf supracoracoïdien, porte à penser qu'il est en réalité l'équivalent, mais excessivement agrandi, d'un petit orifice que l'on trouve au milieu de la plaque coracoïdienne des urodèles où il donne également passage au même nerf supracoracoïdien.

L'étude des muscles renforce cette conclusion qui résultait de la seule considération du squelette. Chez les urodèles (fig. 1), les muscles qui relient la face cutanée de la ceinture scapulaire au membre forment quatre groupes :

1° Le groupe dorsal est représenté par le muscle *dorsalis scapulae* qui va de la face cutanée du scapulum à l'humérus.

2° Le groupe ventral est formé par deux muscles fusionnés au niveau de leur origine qui occupe toute la face cutanée de la plaque coracoïdienne : le *supracoracoïdeus* se porte sur l'extrémité supérieure de l'humérus, tandis que le *coraco-radialis proprius* donne un long tendon qui aboutit au radius.

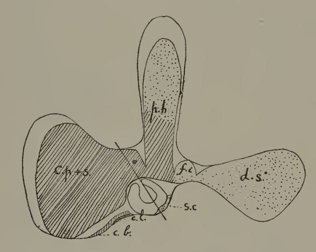


FIGURE 1. — Ceinture scapulaire de *Menobranchus lateralis*.

c. p. + *s.*, insertions sur la plaque coracoïdienne du coraco-radialis proprius et du supracoracoïdeus ; — *p. h.*, insertion sur le procoracoïde du procoraco-humeralis ; — *d. s.* et *f. i.*, insertion sur le scapulum du dorsalis scapulæ ; — *c. b.* et *c. l.*, insertions des muscles coraco-brachiales brevis et longus.

Les insertions indiquées par un pointillé correspondent aux faisceaux musculaires innervés par le nerf dorsal ; celles indiquées par des hachures correspondent aux faisceaux innervés par le nerf supracoracoïdien. La double innervation du procoraco-humeralis est bien visible. — Le trait noir indique l'axe bissecteur de la cavité glénoïde ; cet axe passe par l'échancrure coraco-procoracoïdienne.

3° Le groupe cranial est représenté par le muscle *procoraco-humeralis* qui naît sur le procoracoïde et va s'insérer sur l'extrémité supérieure de l'humérus.

4° Le groupe caudal comprend deux muscles, les *coraco-brachiales longus et brevis* qui s'attachent sur le bord caudal de la

plaque osseuse d'une part et, d'autre part, sur le bord interne de l'humérus.

L'innervation de ces muscles est faite par trois nerfs issus du plexus brachial : un nerf dorsal qui se distribue au dorsalis scapulæ et à la moitié dorsale du procoraco-humeralis ; un nerf ventral, le nerf supracoracoïdien, qui perfore la plaque du coracoïde par le petit orifice déjà signalé et se distribue aux muscles supracoracoïdeus et coraco-radialis proprius, ainsi qu'à la moitié ventrale du procoraco-humeralis ; ce dernier est donc caractérisé par une innervation double ; — enfin un second nerf ventral qui croise le bord caudal de la ceinture et se rend aux deux muscles coracobrachiales.

Chez les anoures (fig. 2 et 3), on trouve : 1° un muscle *dorsalis scapulæ* innervé par un nerf dorsal ; 2° un ensemble de muscles

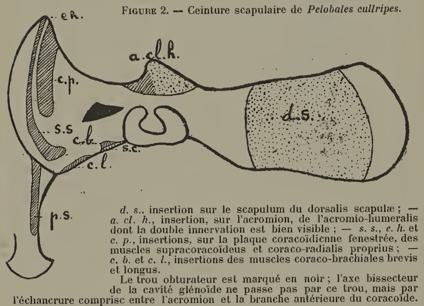


FIGURE 2. — Ceinture scapulaire de *Pelobates cultripes.*

d. s., insertion sur le scapulum du dorsalis scapulæ ; — *a. cl. h.*, insertion, sur l'acromion, de l'acromio-humeralis dont la double innervation est bien visible ; — *s. s.*, *e. h.* et *c. p.*, insertions, sur la plaque coracoïdienne fenestrée, des muscles supracoracoïdeus et coraco-radialis proprius ; — *c. b.* et *c. l.*, insertions des muscles coraco-brachiales brevis et longus.

Le trou obturateur est marqué en noir ; l'axe bissecteur de la cavité glénoïde ne passe pas par ce trou, mais par l'échancrure comprise entre l'acromion et la branche antérieure du coracoïde.

dont l'origine occupe toute l'étendue de la plaque ventrale, aussi bien sa branche antérieure (procoracoïde des auteurs) que sa branche postérieure (coracoïde des auteurs), et dont la terminaison se fait sur l'humérus et sur le radius. Cet ensemble, dont le nerf

moteur traverse le trou obturateur, représente, indiscutablement, les *supracoracoïdeus* et *coraco-radialis proprius* des urodèles ; 3° un muscle qui se porte de l'acromion sur l'humérus, l'*acromio-humeralis*, muscle dont la moitié ventrale est innervée par le nerf supracoracoïdien, tandis que sa moitié dorsale est innervée par le

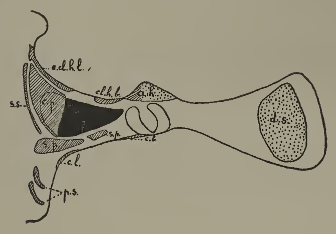


FIGURE 3. — Ceinture scapulaire de *Hyla arborea*.

Mêmes indications que pour la figure précédente. Le trou obturateur est plus volumineux. Les muscles correspondants aux supracoracoïdeus et coraco-radialis proprius ont acquis un grand degré de différenciation et forment les faisceaux marqués : *s. p., s. s., c. p., e. cl. h. l.*

nerf du *dorsalis scapulæ*. Ce muscle est, évidemment, l'homologue à peine modifié du *procoraco-humeralis* des urodèles ; 4° deux muscles *coraco-brachiales* identiques comme attaches et comme innervation à ceux des urodèles.

En ce qui concerne particulièrement les Batraciens, nous pouvons conclure :

a) Que l'élément ventral antérieur de la ceinture scapulaire des Urodèles (procoracoïde) *est représenté chez les Anoures par l'acromion ;*

b) Que l'élément ventral postérieur de la ceinture scapulaire des Urodèles (coracoïde) *est représenté chez les Anoures par la grande plaque ventrale qui encadre le trou obturateur.*

Si, d'autre part, on se place au point de vue de l'évolution géné-

rale de l'arc scapulaire chez les Vertébrés, on constate que l'un des trois éléments considérés jusqu'ici comme fondamentaux, le procoracoïde, n'est qu'une pièce propre aux Batraciens et déjà très réduite chez les anoures. L'élément ventral antérieur de la ceinture pectorale des Amniotes, celui qui supporte la clavicule, *n'est pas un procoracoïde, mais seulement la branche antérieure d'un coracoïde fenestré.*

Les transformations de la musculature de l'épisome chez les Vertébrés (34 à 43, 47, 64)

L'ensemble des recherches que nous avons effectuées sur la musculature de l'épisome des vertébrés a abouti à la rédaction d'un mémoire qui a été accepté comme thèse de doctorat ès sciences naturelles par la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. Son impression doit commencer incessamment.

Historique.

Sous le nom de muscles de l'épisome, il faut comprendre toute cette partie de la musculature du tronc qui est innervée par les branches dorsales des nerfs rachidiens. Très développée chez les vertébrés inférieurs où elle est métamériquement cloisonnée et s'étend toujours loin en dehors, au-dessus des côtes qui la séparent des muscles de l'hyposome, cette musculature est très réduite chez les mammifères où elle est localisée aux gouttières vertébrales et forme les muscles spino-dorsaux.

Aucun travail comparatif n'existe actuellement sur les transformations de cet ensemble dans les différentes classes de vertébrés. Quelques monographies éparses, où les muscles sont décrits avec des appellations qui varient selon chaque auteur, voilà ce que l'on trouve pour les non-mammifères. Pour les mammifères, on distingue généralement, à l'exemple des anthropotomistes, deux couches : l'une superficielle, faite de trois muscles longs (transversaire épineux, long dorsal, sacro-lombaire) qui s'étendent du bassin jusqu'à la nuque où d'autres muscles les continuent; l'autre profonde, faite de muscles courts intervertébraux. Mais quelle est la valeur exacte du splenius, de la masse commune, des petits muscles postérieurs

de la tête? Ce sont là des points que les auteurs résolvent différemment. D'autre part, comment les longs muscles spinaux des mammifères se rattachent-ils aux muscles métamériques des vertébrés inférieurs, quelles transformations a subi l'épisome dans les diverses classes de vertébrés, autant de questions qu'aucun travail n'a abordé et que nous avons essayé, autant que faire se pouvait, de résoudre.

Dans cette étude, outre la recherche exacte de l'innervation de chaque muscle qui nous a servi de guide dans l'établissement des homologies musculaires, nous avons toujours tenu le plus grand compte des adaptations fonctionnelles, celles-ci étant seules capables de fournir la clé des transformations de l'épisome.

Nous avons été ainsi amené à examiner corrélativement une grande partie de la colonne vertébrale, tant au point de vue anatomique que physiologique (possibilité de mouvements, rôle dans la locomotion, etc.). L'absence à peu près complète de renseignements bibliographiques utiles sur les muscles que nous étudions nous a obligé à multiplier nos dissections. Celles-ci ont porté sur les espèces suivantes, pour beaucoup desquelles nous avons examiné plusieurs exemplaires :

1° *Poissons.*

A. — Sélaciens : Scyllium canicula
Raja punctata

B. — Téléostéens : Hippocampus brevirostris
Anguilla vulgaris
Box boops
Scomber scomber
Mugil capito
Pleuronectes limanda

2° *Batraciens.*

A. — Urodèles : Proteus anguinus
Necturus maculatus
Molge marmoratus
— cristatus
— palmatus
Salamandra marmorata

B. — Anoures : Pipa americana
Alytes obstetricans
Pelobates cultripes
Hyla arborea
Ceratophrys rugiceps
Rana viridis

3° *Reptiles.*

A. Autosauriens : Geckones. — Platydactylus mauritanicus
— facetanus

Lacertæ. — Uromastix sp.
Iguana tuberculata
Anguis fragilis
Pseudopus apus
Lacerta viridis
— muralis
— ocellatus
Scincus officinalis
Chalcides ocellatus

Chamæleontes. — Chamæleo vulgaris

B. — Ophidiens : Boïdæ. — Boa sp.

Colubridæ. — Tropidonotus viperinus
— natrix
— subminiatus
— piscator
Atractus badius
Coronella girundica
Rhinechis scalaris
Dendrophis pictus
Dryophis prasinus
Homalopsis buccata
Platurus laticaudatus

Viperidæ. — Echidna atropos

C. — Crocodiliens : Alligator mississipiensis
Crocodilus palustris

D. — Chéloniens : Testudo marginata
Sternothærus sp.
Pelomedusa galeata
Trionyx triunguis

4° *Oiseaux.*

A. — Sphenisciformes : Spheniscus demersus
B. — Coraciiformes : Scops aldrovandi
C. — Passeriformes : Pica caudata

5° *Mammifères.*

A. — Monotrèmes : Echidna setosa
B. — Marsupiaux : Macropus sp.
C. — Edentés : Cholœpus didactylus
Dasypus villosus
D. — Cétacés : Tursiops tursio
E. — Carnivores : Felis domestica
Canis familiaris
F. — Ongulés : Equus asinus
G. — Rongeurs : Lepus cuniculus
Cavia cobaya
Dipus sp.
Mus decumanus
H. — Insectivores : Erinaceus europæus
Talpa europæa

I. — Cheiroptères : Pteropus sp.
Vespertilio sp.
Vesperugo sp.

J. — Primates : Lemur catta
Hapale penicillata
Cercopithecus nictitans
Homme

L'épisome existe chez tous les vertébrés, à l'exception des seuls cyclostomes où les myotomes restent continus sur toute leur hauteur.

Poissons (fig. 4).

Un septum horizontal dans lequel se développent les côtes supérieures, fixé profondément sur les corps vertébraux ou même sur les arcs hémaux, sépare nettement la musculature dorsale ou épisomatique de la ventrale ou hyposomatique. Les myoseptes, persistant chez presque tous les poissons adultes, subdivisent l'épisome en cases musculaires dont chacune représente la partie dorsale d'un myotome. L'examen de la figure montre que les myoseptes n'ont plus la disposition transversale si connue chez les embryons. Par suite, nous distinguons dans chaque case myotomique dorsale trois parties: un segment latéral, le plus large de tous, qui s'invagine en avant sous le myotome qui le précède ; un segment intermédiaire, correspondant à l'angle du myosepte, où chaque myotome s'invagine en arrière, sous celui qui le suit ; un segment médial où les myotomes, obliques en avant et en haut, chevauchent les uns sur les autres. Dans les deux derniers segments, les fibres musculaires sont parallèles à l'axe du corps ; dans le premier, elles sont un peu obliques en avant et en dehors.

Urodèles.

La disposition des urodèles est décrite par les auteurs comme analogue à celle des poissons. En réalité, il y a trois caractères nouveaux : les apophyses transverses, et le septum horizontal qui les prolonge, montent sur la base des arcs neuraux, d'où diminution relative de l'épisome ; — les fibres profondes des myotomes s'attachent sur les pièces vertébrales et forment des faisceaux courts interosseux : muscles intertransversaires, interneuraux et interépineux ; — en arrière de la tête, le premier myotome montre une tendance à s'individualiser en muscles propres.

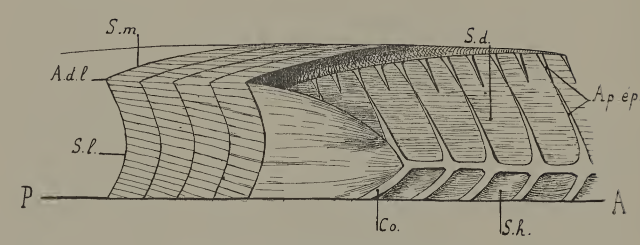


FIGURE 4. — Vue latérale du tronc de *Box boops* ; dissection d'un myosepte.

S. m., segment médial et *S. l.*, segment latéral du myotome ; — *A. d. l.*, angle dorso-latéral du myosepte répondant au segment intermédiaire ; — *S. d.*, septum dorsal ; — *S. h.*, septum horizontal ; — *Ap. ep.*, arcs neuraux et apophyses épineuses ; — *Co.*, côtes supérieures.

Le côté cranial est à droite (*A*), le caudal à gauche (*P*).

Une analyse de ces caractères nous permet de démontrer qu'ils sont déterminés par le début d'adaptation à la vie terrestre : apparition des membres, nouveau rôle statique de la colonne vertébrale, indépendance des mouvements de la tête.

Anoures (fig. 5).

Les têtards ont des muscles d'urodèles. Les adultes ont, au contraire, une musculature très spéciale et qui a évolué dans une toute autre voie que celle que suivront les amniotes. Il existe un grand muscle superficiel, le muscle dorsalis, allant directement de la tête au coccyx et dans lequel les myoseptes tendent à disparaître ; sous lui, sont deux séries de muscles courts : l'une interne ou des muscles interneuraux, l'autre externe ou des muscles intertransversaires dorsaux. L'adaptation au saut, si profondément marquée chez ces amphibiens, est la cause de cette évolution spéciale.

Autosauriens (fig. 6 et 7).

C'est chez eux qu'apparaît pour la première fois la division de l'épisome en trois grands tractus longitudinaux, parallèles à la colonne vertébrale, l'un interne ou *transverso-spinalis*, l'autre moyen ou *longissimus*, le dernier externe ou *ilio-costalis*. Cette division persistera chez tous les amniotes. L'individualisation de ces trois tractus s'accuse par l'existence entre eux de deux cloisons celluleuses longitudinales et par l'innervation de chacun aux dépens d'une branche spéciale des nerfs dorsaux.

L'ilio-costalis est formé de fibres dirigées obliquement en avant et en dehors ; il est cloisonné de myoseptes qui s'attachent profondément sur les côtes et dont l'obliquité est telle que chaque case musculaire s'invagine sous celle qui la précède. Il est donc évident que ce muscle correspond au segment latéral de l'épisome des poissons.

Le longissimus est formé de faisceaux, obliques en avant et en haut, dont chacun naît sur une apophyse transverse et se termine, par un tendon en forme de V, sur les deux cloisons longitudinales qui le séparent des muscles voisins. Entre les faisceaux eux-mêmes, il n'existe aucune cloison et le tendon terminal, seul, peut être envisagé comme le reste du myosepte. Ainsi ce muscle serait l'équivalent de la partie du myotome qui correspond à la région intermédiaire de l'épisome des poissons et cette opinion est corroborée

par le fait que, chez l'autosaurien comme chez le téléostéen, chaque faisceau musculaire, à ce niveau, s'invagine sous celui qui le suit.

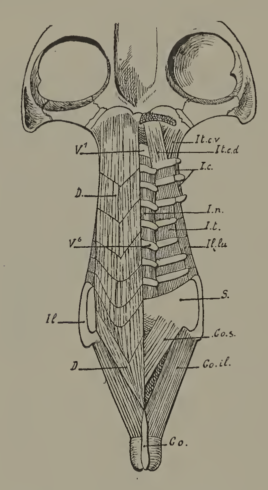


FIGURE 5. — Vue dorsale de *Alytes obstetricans*.

D., muscle dorsalis, enlevé du côté droit ; — *Co. il.*, muscle coccygeo-iliacus ; — *Co. s.*, muscle coccygeo-sacralis ; — *Il. lu.*, muscle ilio-lumbaris ; — *I. t.*, muscles intertransversarii dorsales ; — *I. n.*, muscles interneurales ; — *I. c.*, muscles intercostales ; — *I. t. c. d.* et *I. t. c. v*, muscles intertransversarii capitis dorsalis et ventralis.

V^1, première vertèbre ; — V^6, sixième vertèbre ; — *S.*, sacrum (9me vertèbre) : — *Il.*, ilion ; — *Co.*, partie terminale du coccyx.

Le transverso-spinalis comprend d'abord des muscles profonds, courts et intervertébraux. Au-dessus d'eux est une couche oblique, l'*articulo-spinal*, formée de fibres qui s'attachent sur les apophyses articulaires et s'insèrent, par de longs tendons obliques, sur les

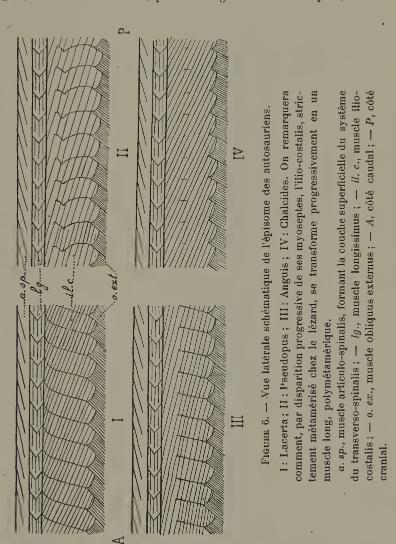


FIGURE 6. — Vue latérale schématique de l'épisome des autosauriens.

I : Lacerta ; II : Pseudopus ; III : Anguis ; IV : Chalcides. On remarquera comment, par disparition progressive de ses myoseptes, l'ilio-costalis, strictement métamérisé chez le lézard, se transforme progressivement en un muscle long, polymétamérique.

a. sp., muscle articulo-spinalis, formant la couche superficielle du système du transverso-spinalis ; — *lg.*, muscle longissimus ; — *il. c.*, muscle ilio-costalis ; — *o. ex.*, muscle obliquus externus ; — *A*, côté caudal ; — *P*, côté cranial.

apophyses épineuses. La situation, l'aspect et la direction de ces tendons font que nous les considérons comme représentant la pres-

que totalité du segment médial des myoseptes des poissons dont ils ont l'obliquité et les connexions.

L'étude de la disposition des trois muscles précédents vis-à-vis des apophyses articulaires et des articulations costo-transversaires, la considération du nouveau rôle du rachis chez les autosauriens, terrestres, par rapport aux poissons, aquatiques, la comparaison de l'action différente de l'épisome dans la locomotion des uns et des autres nous permet d'expliquer sous quelles causes a pu se faire le clivage longitudinal de la musculature, si caractéristique des amniotes.

Ainsi, chez les reptiles, *on voit apparaître une segmentation longitudinale et celle-ci tend à se substituer à la segmentation transversale.* C'est là un fait capital dans l'évolution de l'épisome et, jusqu'ici, aucun auteur n'avait décrit comment se faisait cette substitution.

La disparition de la segmentation transversale est corrélative de la disparition des myoseptes. Nous avons dit qu'au niveau du longissimus et du transverso-spinalis ceux-ci avaient subsisté seulement en partie et étaient devenus des tendons d'insertion. Au niveau de l'ilio-costalis ils persistent chez la plupart des autosauriens. Mais l'examen de la figure 6 montre que chez les autosauriens dont les membres régressent et où la locomotion par ondulations horizontales du tronc tend à se substituer à la locomotion quadrupède, ces myoseptes tendent à disparaître. Chez le chalcide ocellé, la disparition est presque complète et le muscle est formé de fibres longues et polymétamériques, obliques en avant et en dehors.

C'est chez les autosauriens que nous constatons, pour la première fois, l'existence de muscles propres de la nuque et cette apparition concorde avec les données embryologiques qui montrent que le cou est une formation caractéristique des amniotes. Ces muscles font suite aux trois grands systèmes musculaires déjà nommés. L'ilio-costalis se prolonge par un *ilio-costalis cervicis*, identiquement cloisonné, qui s'étend jusqu'à l'atlas, parfois même jusqu'à la tête. Le longissimus se prolonge par deux faisceaux superposés que nous nommons *longissimus capitis superficialis* et *profondus ;* l'un comme l'autre naissent des apophyses transverses du cou ainsi que de la région dorsale antérieure et vont à la tête ; ils ont perdu toute structure métamérique. Le transverso-spinalis comprend,

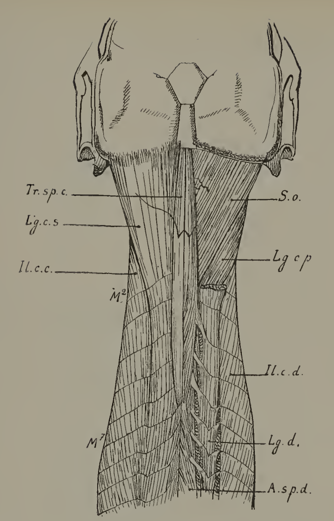


FIGURE 7. — Vue dorsale du tronc et de la nuque de *Lacerta viridis.*

A gauche, l'aponévrose superficielle est conservée ; à droite, elle est enlevée, ainsi que le muscle longissimus capitis superficialis. De plus, de ce côté, les cloisons de séparation des trois muscles du tronc ont été dissociées, afin de mettre en valeur les limites des muscles.

Il. c. d., muscle ilio-costalis dorsi, se prolongeant au cou par l'ilio-costalis capitis, *Il. c. c.*; — *Lg. d.*. muscle longissimus dorsi se prolongeant au cou par les deux muscles longissimus capitis superficialis, *Lg. c. s.*, et profundus, *Lg. c. p.*; — *A. sp. d.*, muscle articulo-spinalis dorsi ; — *Tr. sp. c.*, muscle transverso-spinalis capitis, cloisonné par le premier myosepte ; — *S. o.*, muscle suboccipitalis, traversé par la branche externe du premier rameau dorsal ; — M^2 et M^7, deuxième et septième myoseptes.

essentiellement, trois muscles : un long muscle superficiel qui va directement des premières apophyses articulaires du dos à la tête : le *transverso-spinalis capitis ;* un muscle profond qui ne dépasse pas l'axis : le *transverso-spinalis cervicis ;* un gros muscle triangulaire, également profond, le *suboccipitalis* qui unit les apophyses épineuses des deux ou trois premières vertèbres au bord dorsal du trou occipital. Constamment, ce muscle est traversé par la branche interne du premier nerf dorsal qui va innerver le transverso-spinalis capitis.

Dans la région caudale, l'épisome se différencie en muscles coniques spéciaux dont nous discutons longuement la structure et la signification.

Ophidiens (fig. 8).

La figure 8 montre que les trois grands systèmes de l'épisome des autosauriens se retrouvent chez les serpents et, tout le long de la colonne, ils présentent une remarquable homogénéité. La région caudale est à peine différente de la dorsale. D'autre part, en avant, les trois muscles se prolongent jusqu'à la tête en ne modifiant que très peu leur structure. Il y a, de plus, suppression de toute métamérie musculaire. Non seulement les myoseptes ont disparu dans l'ilio-costalis, mais, pour tous les muscles, les tendons s'allongent d'une façon extraordinaire : le tendon épineux de l'articulo-spinal franchit de 10 à 30 espaces intervertébraux ; le tendon en V du longissimus peut atteindre 10 espaces de longueur, de même pour ceux que l'on voit se différencier autour de l'ilio-costalis.

L'étude d'espèces appartenant à des types très divers, depuis des serpents étroitement arboricoles jusqu'aux serpents exclusivement aquatiques, nous a permis de mettre en lumière les différences que présentaient les muscles selon les adaptations et, d'autre part, de montrer que les longs tendons, si caractéristiques des ophidiens, étaient des formations secondaires, différenciées aux dépens des cloisons longitudinales de séparation des muscles primitifs.

Crocodiliens (fig. 9).

Au niveau du tronc, l'ilio-costalis et le longissimus gardent une disposition analogue à celle des autosauriens. Mais le transverso-spinalis subit une différenciation poussée extrêmement loin : abstraction étant faite des muscles courts intervertébraux, il se subdi-

vise en quatre muscles dont les tendons s'entre-croisent les uns les autres. Nous montrons que cette disposition est en rapport avec la locomotion de l'animal.

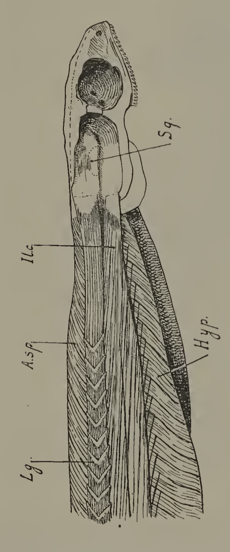


Figure 8. — Vue latérale du tronc et de la nuque de *Tropidonotus natrix*.

A. sp., muscle articulo-spinalis ; — *Lg.*, muscle longissimus ; — *Il. c.*, muscle ilio-costalis du bord inférieur duquel on voit se détacher ses tendons de terminaison, costaux. Le muscle lui-même est cloisonné par une intersection aponévrotique longitudinale : comparez avec le Chalcides, figure 6, IV ; — *Hyp.*, muscles de l'hyposome ; — *Sq.*, lieu d'articulation du squamosal, enlevé.

Au niveau de la nuque, la figure indique que les muscles habituels des reptiles se retrouvent, mais avec une force et un dévelop-

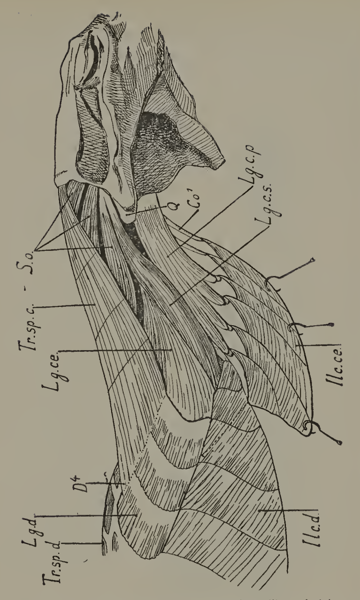


FIGURE 9. — Vue latérale de la nuque de *Crocodilus palustris.*

Tr. sp. d., les muscles du transverso-spinalis dorsi ; — *Lg. d.*, muscle longissimus dorsi ; — *Il. c. d.*, muscle ilio-costalis dorsi, se terminant en pointe en avant sur la 7e côte cervicale ; — *Tr. sp. c.*, muscle transverso-spinalis capitis, cloisonné de trois intersections ; — *S. o.*, muscle suboccipitalis, divisé, ici, en trois faisceaux distincts ; — *Lg. ce.*, muscle longissimus cervicis ; — *Lg. c. s.* et *Lg. c. p.*, muscles longissimus capitis superficialis et profundus ; — *Il. c. ce.*, muscle ilio-costalis cervicis, retourné et érigné en bas ; la ligne pointillée indique la projection de son bord postérieur quand il est à sa place normale ; — *Q.*, condyle de l'os carré ; — *Co*¹, première côte cervicale ; — *D*⁴, sommet de l'apophyse épineuse de la quatrième dorsale.

pement qu'expliquent la puissance de la tête des crocodiles et la longueur de leur cou.

Chéloniens (fig. 10).

Nous étudions d'abord les muscles du tronc, presque atrophiés chez les adultes, mais beaucoup plus volumineux chez les embryons, à carapace non encore ossifiée. Nous passons ensuite aux muscles du cou : c'est la seule partie de l'épisome qui soit vraiment développée chez les chéloniens, mais elle atteint chez eux une

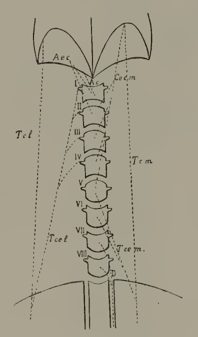


FIGURE 10. — Vue schématique des principaux muscles de la nuque d'un chélonien.

D., faisceaux restants des muscles du tronc, s'engageant dans le canal collatéral vertébral, sous la carapace ; — pour les autres lettres, voir le texte.

différenciation et une complexité supérieures à celles que l'on rencontrera chez les mammifères. Aux données confuses que l'on trouve dans les auteurs, nous substituons une classification conforme à celle que nous avons employée pour les autres reptiles et,

de plus, nous montrons l'influence prédominante des trois grands modes de mobilité du cou[1] sur la conformation des muscles.

Nous décrivons ainsi les muscles suivants pour les principaux desquels le schéma 10 indique les insertions :

Système du longissimus :

M. testo-capitis lateralis (T. c. l.)
— testo-cervicis lateralis (T. cc. l.)
Mm. transversarii colli obliqui
M. transversarius cervicis
Mm. intertransversarii dorsales cervicis

Système du transverso-spinalis :

M. testo-capitis medialis (T. c. m.)
— testo-cervicalis medialis (T. cc. m.)
— cervico-capitis medialis (Cc. c. m.)
Mm. articulo-neurales
– interneurales
— suboccipitales : M. atlanto-epistropheo-capitis (A. e. c.)
— atlanto-capitis (A. c.)

Oiseaux (fig. 11).

La région la plus intéressante est celle de la nuque où, comme chez les chéloniens, la différenciation en muscles distincts atteint un très grand degré. La figure montre que le longissimus est essentiellement représenté par deux muscles : un *longissimus cervicis* dont les faisceaux ont une obliquité telle qu'ils donnent, à première vue, l'impression d'un multifide : c'est effectivement sous ce nom qu'ils ont été décrits par la plupart des auteurs. Nous combattons cette interprétation et montrons qu'il s'agit là, réellement, du longissimus ; — un *longissimus capitis* qui correspond au muscle superficiel des reptiles; le long. cap. profondus de ces derniers est réduit à un faible faisceau, non visible sur la figure.

Le système du transverso-spinalis est représenté par un grand muscle, à fibres à peu près longitudinales, le *spinalis* qui naît des apophyses épineuses du thorax. Un premier faisceau va directe-

[1] On distingue à ce point de vue : les phanérodères, à cou non rétractile, — les cryptodères, à cou rétractile dans le plan vertical, — les pleurodères, à cou rétractile dans le plan horizontal.

ment à la tête : c'est le *spinalis capitis* ; les autres, à disposition complexe, aboutissent à certaines vertèbres du cou : c'est le *spinalis cervicis* que nous divisons en *anticus* et *posticus*. Nous exposons

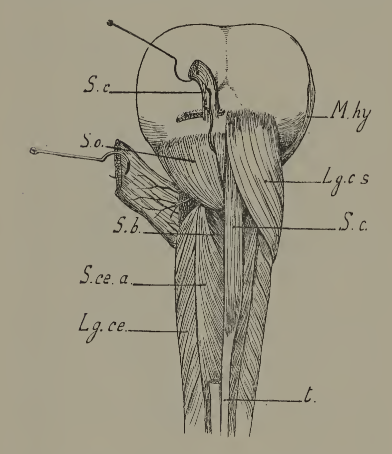


FIGURE 11. — Vue dorsale du cou de *Pica caudata*.

Lg. ce., muscle longissimus cervicis ; — *Lg. c. s.*, muscle longissimus capitis, coupé et récliné du côté gauche, pour montrer son innervation par les branches externes des nerfs dorsaux ; — *S. ce. a.*, muscle spinalis cervicis anticus, recevant cinq faisceaux accessoires des vertèbres C^{8-4} ; — *S.b.*, muscle spinalis brevis C^{3-2} ; — *S. c.*, muscle spinalis capitis avec son tendon intermédiaire, *t* ; — *S. o.*, muscle suboccipitalis divisé en deux faisceaux par la branche interne du premier nerf dorsal ; — *M. hy.*, musculature hyoïdienne.

comment, à notre avis, l'adaptation de la musculature de la nuque à des mouvements dorso-ventraux a amené la formation de ce muscle spinalis, tandis que l'absence presque complète de mouvements de rotation entraînait l'atrophie du muscle articulo-spinal, à fibres obliques.

Le muscle *suboccipitalis* est nettement divisé, par le premier nerf dorsal qui le traverse, en deux faisceaux, l'un interne, l'autre externe.

Mammifères.

A une exception près, toute segmentation myoseptale a disparu et les trois grands tractus longitudinaux sont formés de faisceaux polymétamériques. En arrière, ils se réunissent en un bloc hétérogène qui prend attache sur l'ilion et les vertèbres lombo-sacrées : c'est la *masse commune*. Nous montrons que cette disposition, ainsi que la nouvelle orientation des muscles, est due à ce que, chez les mammifères, le tronc agit comme un support élastique animé surtout de mouvements dorso-ventraux, tandis que, chez les sauriens, qui rampent, son rôle de soutien était beaucoup plus restreint et il effectuait presque uniquement des mouvements latéraux.

L'*ilio-costalis* est fait de fibres obliques en avant et en dehors ; elles ont donc gardé la direction qu'elles avaient déjà chez les téléostéens ; mais toute métamérie a disparu, sauf chez l'ornithorynque où il reste encore quelques myoseptes, et chez l'echidné (fig. 12) où une certaine étendue du muscle est composée de fibres localisées à un seul espace intercostal. La prolongation dans le cou des faisceaux antérieurs de l'ilio-costalis (muscle *cervical ascendant*) semble être caractéristique de l'homme et des anthropoïdes.

Le *longissimus*, en raison de la nouvelle fonction des muscles spinaux des mammifères, est devenu le plus important de tous ; il se prolonge dans le cou par deux faisceaux : le *transversaire du cou* analogue au longissimus cervicis de quelques reptiles (cf. figure 9) et le *petit complexus* qui représente le longissimus capitis profundus des amniotes inférieurs. De plus, nous montrons que le *splenius*, sur la signification duquel on n'avait émis jusqu'ici que des hypothèses, représente le longissimus capitis superficialis des

reptiles dont il ne diffère que par l'acquisition d'une origine épineuse (cf. figure 7).

Le *transverso-spinalis* comprend d'abord des muscles profonds :

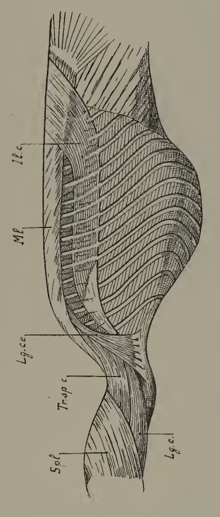


FIGURE 12. — Vue latérale de l'épisome d'*Echidna setosa*.

Il. c., muscle ilio-costalis ; — *Ml.*, muscle multifidus lumborum et dorsi ; — *Tr. sp. c.*, muscle transverso-spinalis capitis ; — *Lg. ce.*, muscle longissimus cervicis ; — *Lg. c.*, muscle longissimus capitis ; — *Spl.*, muscle splenius.

interneuraux, interarticulaires, interépineux, à peu près analogues à ceux des autres amniotes.

L'*articulo-spinalis* se scinde en plusieurs couches superposées qui forment le demi-épineux, le multifide et les longs rotateurs.

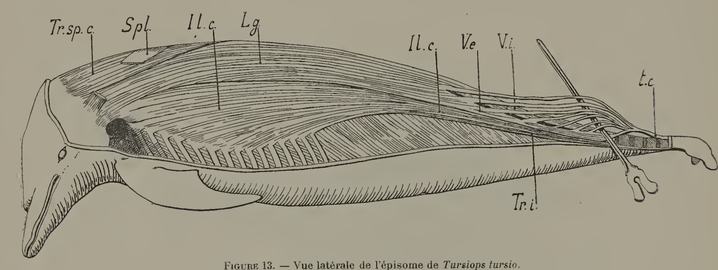


Figure 13. — Vue latérale de l'épisome de *Tursiops tursio*.

Tr. sp. c., muscle transverso-spinalis capitis ; — *Spl.*, muscle splenius, coupé dans sa partie moyenne ; — *Il. c.*, muscle ilio-costalis ; — *Lg.*, muscle longissimus dont l'extrémité postérieure se divise en deux ventres, l'un interne *V. i.*, l'autre externe *V. e.* ; ce dernier donne 8 tendons qui se réunissent en un tendon commun *t. c.*, dont les fibres s'attachent dans la nageoire caudale.

Au cou, le *grand complexus* est l'équivalent, relativement peu modifié, du transverso-spinalis capitis des reptiles dont il garde souvent jusqu'aux restes d'intersections tendineuses.

En ce qui concerne le muscle *suboccipitalis*, confirmant les idées déjà émises par Chappuis, nous montrons que son faisceau interne (c'est-à-dire celui qui, chez les sauropsidés, est situé en dedans de la branche interne du premier nerf dorsal, fig. 7 et 11) se clive tantôt en deux (homme et majorité des mammifères), tantôt en trois (carnivores) faisceaux superposés qui représentent les droits postérieurs de la tête. Quant au faisceau externe, il prend une adhérence secondaire sur l'apophyse transverse de l'atlas et ainsi se trouvent séparés les deux obliques.

Dans des chapitres particuliers, nous envisageons ensuite les cas spéciaux que constituent les musculatures de l'épisome des monotrèmes (fig. 12), des cheiroptères et des cétacés (fig. 13). Nous terminons par l'étude des modifications que la station verticale a apportées aux muscles spinaux de l'homme, vis-à-vis des autres primates.

Les deux tableaux suivants indiquent les grandes lignes des transformations des muscles de l'épisome chez quelques-uns des vertébrés, au niveau du tronc (tableau I) et du cou (tableau II).

TABLEAU I

Téléostéen	Urodèle		Lacertilien	Homme	
Segment médial	Segment médial	fibres intermyoseptales	M. articulo-spinal	M. épineux M. semi-épineux M. multifide Mm. rotateurs longs	Système du transverso-spinalis
			M. spino-articulaire	Mm. rotateurs courts (au dos)	
		fibres interosseuses	Mm. interarticulaires	Mm. intermamillaires (aux lombes)	
			Mm. interneuraux	Mm. interépineux	
Segment intermédiaire	Segment intermédiaire	fibres intermyoseptales	M. longissimus	M. long dorsal	Système du longissimus
		fibres interosseuses	Mm. intertransversaires	Mm. intertransversaires (au dos) Mm. mamillo-accessoires (aux lombes)	
Segment latéral	Segment latéral	fibres intermyoseptales fibres interosseuses	M. ilio-costalis	M. ilio-costal	Système de l'ilio-costalis

TABLEAU II

Segment	Urodèle		Lacertilien		Homme	Système
Segment médial	fibres intermyoseptales		M. transverso-spinalis capitis		M. grand complexus	Système du transverso-spinalis
			M. transverso-spinalis cervicis		M. épineux du cou M. transversaire épineux (multifide) du cou	
	fibres inter-osseuses	au niveau des deux premières vertèbres	M. suboccipitalis	faisceau interne	M. grand droit postérieur M. petit — —	
				faisceau externe	M. grand oblique M. petit —	
		en arrière de la deuxième vertèbre	Mm. interarticulaires		Mm. interarticulaires	
			Mm. interneuraux		Mm. interépineux	
Segment intermédiaire	fibres intermyoseptales		M. longissimus capitis superficialis		M. splenius	Système du longissimus
	fibres interosseuses		M. longissimus capitis profundus		M. petit complexus M. transversaire du cou Mm. intertransversaires dorsaux	
Segment latéral	fibres intermyoseptales fibres interosseuses		M. ilio-costalis cervicis		M. cervical ascendant	Système de l'ilio-costalis

Les transformations de la métamérie musculaire dans l'épisome des Vertébrés (44)

Dans cette note, nous montrons comment les myoseptes qui cloisonnent l'épisome des poissons en cases nettement limitées, se sont progressivement transformés chez les vertébrés supérieurs : chez les mammifères les tendons du transversaire épineux et les intersections du grand complexus en représentent, probablement, les derniers vestiges. La plupart des conclusions de cette note ont été rédigées à l'aide des matériaux du travail précédent.

Considérations anatomiques sur le type adaptatif primitif des Microcheiroptères (20)

L'origine des Cheiroptères est un point extrêmement obscur et sur lequel nous ne pourrons être fixé que le jour où seront découverts des documents paléontologiques suffisants.

Il est cependant possible de se faire une idée du type que présentaient les premières chauves-souris en recherchant quelles sont, parmi les espèces actuelles, celles dont les caractères anatomiques s'éloignent le moins de la structure générale des mammifères terrestres. C'est là le but de notre travail qui n'est donc pas un travail de zoologie ou de taxinomie, mais essentiellement un travail d'anatomie comparée.

Nous examinons successivement les caractères du membre antérieur, puis du postérieur.

Caractères d'adaptation du membre antérieur.

Les caractères qui, au point de vue anatomique, différencient surtout le membre antérieur des cheiroptères de celui des autres mammifères sont les suivants :

Apparition d'une volumineuse membrane alaire (patagium) ;

Allongement énorme des quatre derniers doigts de la main, qui soutiennent cette membrane ;

Allongement simultané, quoique moins considérable, des os de

l'avant-bras, en même temps que le cubitus disparaît progressivement, partie par régression vraie, partie par soudure au radius.

Nous établissons, à l'aide de nombreuses mensurations, que c'est chez la famille des Molossidae que ces différents caractères atteignent le moindre degré. Cette famille est donc celle qui s'éloigne le moins des mammifères terrestres.

Caractères d'adaptation du membre postérieur.

Typiquement, le membre postérieur des cheiroptères ne sert plus à la locomotion terrestre. Il est utilisé dans le vol, pour les mouvements du patagium ; mais sa fonction essentielle, c'est de permettre à l'animal de se suspendre la tête en bas à un rocher ou à une branche, ce qui est pour les chauves-souris la position normale de repos. Par suite le pied, étroitement adapté à son rôle de crochet suspenseur, prend un aspect tout à fait caractéristique.

Nous établissons qu'un pied ainsi transformé subit les modifications suivantes : il devient court et étroit ; les cinq orteils sont accolés les uns aux autres, absolument semblables comme forme et égaux en longueur ; les plis plantaires deviennent longitudinaux ; les griffes s'allongent et se recourbent. Or c'est chez les Molossinæ que tous ces caractères sont le moins prononcés. En particulier, on observe chez quelques-uns d'entre eux un certain degré d'indépendance du gros orteil qui peut arriver à être totalement opposable.

Les mêmes conclusions se dégagent de l'étude du squelette du membre inférieur ; c'est ainsi que le péroné des Molossinæ est fort et bien développé alors que chez la plupart des autres familles il est rudimentaire ou même absent.

Nous terminons ces considérations par l'étude comparative des muscles du pied des Molossinæ. Nous montrons que cette musculature présente de nombreux caractères primitifs dont les principaux sont les suivants :

Le long extenseur des orteils est bien développé et indépendant. Au contraire, chez tous les autres cheiroptères, il se fusionne en tout ou en partie avec le tibial antérieur.

Le long péronier latéral s'arrête en bas sur le cinquième métatarsien, insertion que les recherches d'anatomie comparée ont montré correspondre à la disposition primordiale de ce muscle.

L'origine du court fléchisseur plantaire remonte jusque sur le

tendon d'Achille, ce qui rappelle la structure fondamentale primitive où ce muscle et le soléaire n'en forment qu'un.

La chair carrée de Sylvius est bien développée, alors qu'elle s'est atrophiée chez les autres cheiroptères.

La disposition des interosseux est encore très primitive : les dorsaux commencent à peine à se différencier aux dépens des plantaires qui leur sont, phylogénétiquement, antérieurs.

Cet ensemble de recherches montre que, parmi les cheiroptères actuels, ce sont les Molossinae qui, à tous les points de vue, semblent les moins évolués. D'autre part, dans cette famille, il est un genre particulier, le Cheiromeles, sur l'étude duquel nous nous étendons longuement et dont la structure offre de beaucoup le plus grand nombre de dispositions primitives. Nous concluons que ce genre, que caractérise très nettement son pied préhensile, peut nous donner une idée du type morphologique primitif des cheiroptères. Ceux-ci proviendraient donc, selon toute probabilité, de mammifères arboricoles à gros orteil opposable.

La valeur morphologique de la rotule : rotule inférieure et rotule supérieure (7, 8, 9, 10, 27)

La rotule est-elle un sésamoïde ou non?

La théorie sésamoïdienne paraissait avoir définitivement pris le dessus lorsque, dans plusieurs travaux récents et fort documentés, B. de Vriese est venu affirmer que la rotule était une pièce osseuse très ancienne, appartenant au vieux squelette primordial des vertébrés. Elle serait le reliquat ancestral d'un os jadis étendu tout le long de la jambe, entre le tibia et le péroné, l'intermedium cruris. La partie moyenne de cet os ayant disparu, son extrémité supérieure aurait formé la rotule, son extrémité inférieure l'astragale ; ces deux pièces seraient du reste actuellement en voie de régression.

Les recherches que nous avons faites sur l'anatomie de la rotule des différents groupes de mammifères nous ont amené à conclure, contrairement à l'opinion précédente, que celle-ci était un sésamoïde typique. De plus, nous avons pu, en collaboration avec le

professeur Retterer, montrer que dans certains cas il se formait au-dessus de la rotule classique une deuxième pièce, la rotule supérieure, dont l'origine sésamoïdienne, tout à fait incontestable, confirme encore celle de la rotule proprement dite.

1° *Critique de la théorie de de Vriese.*

Nous exposons d'abord, dans ces grandes lignes, cette théorie. Puis nous reprenons un à un ses arguments et montrons qu'ils ne détruisent pas la théorie sésamoïdienne : les mensurations mêmes de l'auteur belge prouvent que la rotule des mammifères est influencée par des causes physiologiques puisque l'on constate que les mammifères à allure lente ont toujours une grosse rotule et les mammifères à allure agile ont toujours une petite rotule.

Nous montrons ensuite que les mammifères à caractères primitifs n'ont pas de rotule plus grande que les autres mais que, là aussi, les facteurs physiologiques sont les déterminants de la forme de l'os.

Enfin nous exposons la faiblesse des arguments sur lesquels de Vriese a échafaudé sa théorie de l'intermedium cruris, os tout hypothétique qu'aucune preuve paléontologique certaine ne vient confirmer et dont le mode de régression, tel que le décrit l'auteur, va à l'encontre des données admises sur la disparition des pièces squelettiques au cours de la phylogénie.

2° *Exposé de nos recherches sur la rotule inférieure.*

Si la rotule est vraiment un sésamoïde, sa forme sera essentiellement variable sous l'influence des facteurs physiologiques que mettent en jeu la station ou la locomotion. De Vriese avait prétendu que cette relation n'existait pas, mais nous avons montré plus haut que son raisonnement découlait d'un point de départ inexact. Reprenant cette étude, nous établissons un *indice de largeur rotulienne*, calculé d'après les conventions usuelles, soit :

$$I = \frac{\text{largeur} \times 100}{\text{longueur}}$$

Cet indice exprime, par conséquent, la largeur qu'aurait la rotule si sa longueur (ou hauteur) était ramenée, d'une façon uniforme, à 100.

Nous avons restreint cette recherche au groupe, très homogène, que constituent les Primates. Il était en effet beaucoup plus facile,

dans ce groupe dont l'origine monophylétique est presque unanimement admise, où le matériel héréditaire est par conséquent le même pour tous les genres, de vérifier en quoi les influences fonctionnelles, les adaptations différentes des diverses espèces pouvaient agir sur la forme du sésamoïde rotulien.

Nos résultats sont exposés en quatre tableaux d'où il ressort qu'au point de vue qui nous occupe les primates peuvent être rangés en trois catégories. Dans la première se classent des arboricoles qui sont de très bons et très agiles sauteurs : chez eux, l'indice est faible, descendant jusqu'à 50 ou même au-dessous ; la rotule est donc longue et étroite. La deuxième comprend des arboricoles peu sauteurs, mais surtout coureurs ; l'indice s'élève. La troisième catégorie enfin est représentée par des primates toujours arboricoles mais peu agiles, ni coureurs, ni sauteurs ; c'est chez eux que l'indice atteint son maximum ; la rotule devient très large et très basse.

Dans toutes ces modifications, le rôle du genre de vie est donc prédominant ; au contraire, la parenté plus ou moins grande des diverses espèces entre elles n'a à peu près aucune influence.

Chez l'homme, l'indice rotulien est parfois égal, mais presque toujours supérieur à 100 : la rotule est donc habituellement plus large que haute, contrairement à plusieurs descriptions classiques. Les différences de race sont minimes, mais l'étude de quelques squelettes paléolithiques semble montrer qu'à cette époque la rotule était encore beaucoup plus large relativement qu'à l'époque actuelle. Ces chiffres sont donc en faveur de la théorie de l'origine arboricole de l'espèce humaine.

3° *La rotule supérieure chez les mammifères.*

Le meilleur argument que l'on puisse invoquer en faveur de la théorie sésamoïdienne de la rotule est basé sur l'étude histologique du tendon du quadriceps. Celle-ci montre un fait sur lequel, malgré son importance, la littérature anatomique a été jusqu'ici à peu près muette : c'est l'apparition, à la face profonde de ce tendon, sous l'influence de certaines conditions extérieures, d'un second sésamoïde, la rotule supérieure. Nos recherches, effectuées essentiellement sur des primates et des rongeurs, nous ont permis d'arriver aux conclusions suivantes :

1° Tandis que la rotule inférieure est un sésamoïde partielle-

ment osseux, partiellement cartilagineux, développé dans le tendon commun du quadriceps, la rotule supérieure est un sésamoïde

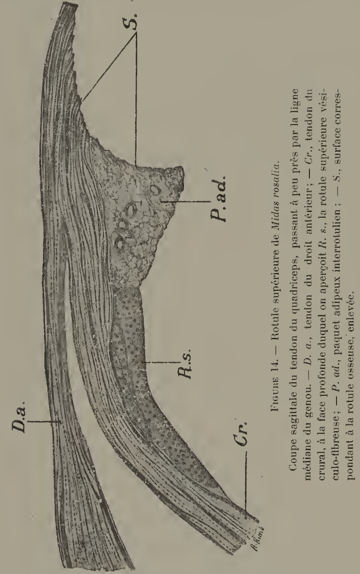


Figure 14. — Rotule supérieure de *Midas rosalia*.

Coupe sagittale du tendon du quadriceps, passant à peu près par la ligne médiane du genou. — *D. a.*, tendon du droit antérieur ; — *Cr.*, tendon du crural, à la face profonde duquel on aperçoit *R. s.*, la rotule supérieure vésiculo-fibreuse ; — *P. ad.*, paquet adipeux interrotulien ; — *S.*, surface correspondant à la rotule osseuse, enlevée.

vésiculo-fibreux qui s'est formé dans le tendon du seul crural (fig. 14).

2° La rotule supérieure est toujours indépendante de la rotule proprement dite, un paquet adipeux s'interposant d'une façon constante entre les deux formations : on n'a donc pas le droit de la considérer comme étant le prolongement cartilagineux de la rotule osseuse.

3° C'est un véritable sésamoïde, absolument autonome, constitué ni par du tissu osseux, ni par du tissu cartilagineux, mais, tout au moins chez les mammifères que nous avons étudiés, par du tissu vésiculo-fibreux.

4° Sa présence est en rapport avec des mouvements de flexion du genou particulièrement nombreux et énergiques, mouvements que réalise tout spécialement l'adaptation au saut.

Chez les primates, nous avons établi pour la rotule supérieure un indice analogue à celui que nous avions établi pour l'inférieure et, là aussi, nous avons pu constater que cette pièce était plus longue et moins large chez les primates les plus vifs et les plus agiles.

Chez l'homme, la rotule supérieure existe, mais très peu développée : elle est représentée par 8 à 12 assises de cellules vésiculeuses situées à la face profonde du tendon du crural. Elles forment une couche de $0^{mm},1$ à $0^{mm},4$ d'épaisseur, sur 25^{mm} de hauteur : comme chez les primates sauteurs, un paquet adipeux s'interpose entre le bord proximal de la rotule osseuse et l'amas vésiculo-fibreux.

L'ébauche de rotule supérieure que présente l'homme est, à notre avis, non pas un reste ancestral, mais, au contraire, un organe progressif, acquis par l'homme actuel, et en pleine voie d'évolution.

La signification des apophyses mamillaire et accessoire des vertèbres lombaires (45)

On dit généralement que les apophyses costiformes des lombes ont la valeur de côtes rudimentaires soudées aux vertèbres. Les apophyses transverses proprement dites seraient représentées soit par les apophyses mamillaires (majorité des anciens auteurs), soit par les apophyses accessoires (majorité des auteurs actuels).

Nous montrons dans cette note que les apophyses mamillaire et

accessoire *sont de simples tubercules d'insertion* dont le développement et la situation dépendent essentiellement des variations des muscles spinaux et sont, par conséquent, très variables. On doit leur refuser la valeur d'apophyses transverses.

L'apophyse mamillaire n'est autre chose que la saillie d'origine des tendons de renforcement du long dorsal en dehors, des faisseaux du transversaire épineux en dedans. Ses rapports chez les cétacés indiquent, d'une façon frappante, qu'elle n'a rien à faire avec une apophyse transverse.

L'apophyse accessoire est le tubercule d'insertion des faisceaux internes du long dorsal ainsi que de la partie de ce muscle qui forme l'extenseur latéral de la queue. Les variations de cette apophyse sont surtout sous la dépendance de celles de l'appareil caudal.

II. — GROUPE DE RECHERCHES SE RAPPORTANT A LA MORPHOLOGIE COMPARATIVE DE L'HOMME ET DES PRIMATES

L'articulation du genou chez les Primates (26)

Ce travail est divisé en deux parties : La première partie ou *partie analytique* étudie chez les diverses espèces prises les unes après les autres la disposition des différents ligaments du genou ainsi que des ménisques. Elle porte sur 33 espèces appartenant à toutes les familles des primates, à l'exception d'une seule. La seconde partie, qui est la *partie synthétique*, réunit et coordonne les données contenues dans la première. Dans les différents chapitres qu'elle contient, nous exposons l'évolution des ligaments et des ménisques du genou et nous nous attachons, avant tout, à rechercher le rôle des facteurs fonctionnels dans cette évolution.

Les principaux résultats auxquels nous sommes arrivé sont énumérés dans les paragraphes qui suivent.

Plans antérieurs du genou.

Nous passons d'abord en revue le tendon du quadriceps et ses deux sésamoïdes : rotule proprement dite ou *rotule inférieure* et *rotule supérieure*, dont nous avons étudié dans d'autres notes (nos 7 à 10) les conditions d'apparition et de développement. En ce qui concerne plus particulièrement les primates, nous montrons que l'une comme l'autre de ces deux formations sont sous la dépendance des facteurs mécaniques et, tout particulièrement, du mode de locomotion du primate considéré.

Chez les primates très bons sauteurs, le tendon du crural, distinct du reste du quadriceps, présente une rotule supérieure : la rotule

inférieure est longue et étroite. Chez les primates coureurs et grimpeurs agiles, moins bons sauteurs, le tendon du crural est toujours autonome, mais il n'y a plus de rotule supérieure et la rotule inférieure se raccourcit et s'élargit. Enfin, chez les primates

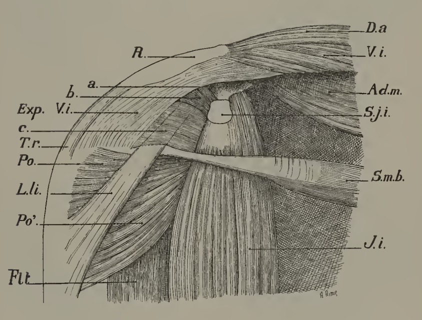


FIGURE 15. — Vue latérale interne du genou du *cynocéphale*.

Ad. m.. grand adducteur; — *V. i.*, vaste interne; — *D. a.*, droit antérieur; — *R.*, rotule; — *Exp. V. i.*, expansion fibreuse du vaste interne formant le feuillet juxta-rotulien interne superficiel. Le feuillet profond est formé de trois parties : *a*, mince toile allant jusqu'au crural ; *.b*, solide ligament sésamo-rotulien ; *c*, feuillet descendant jusqu'à la marge tibiale ; — *T. r.*, tendon rotulien ; — *Po.* et *Po'*, poplité dont l'aponévrose a été enlevée ; — *L. l. i.*, ligament latéral interne ; — *Fl. t.*, fléchisseur tibial des orteils ; — *J. i.*, jumeau interne avec *S. j. i.*, son sésamoïde ; — *S. m. b.*, demi-membraneux dont le tendon s'enfonce sous le ligament latéral interne.

uniquement grimpeurs et à allures lentes, les quatre chefs du quadriceps se soudent en un tendon commun bien avant d'arriver au genou ; il n'y a toujours plus de rotule supérieure et la rotule inférieure est large et basse. L'homme possède la large rotule inférieure des grands arboricoles grimpeurs à mouvements lents ; mais l'existence d'une ébauche de rotule supérieure et le fait que

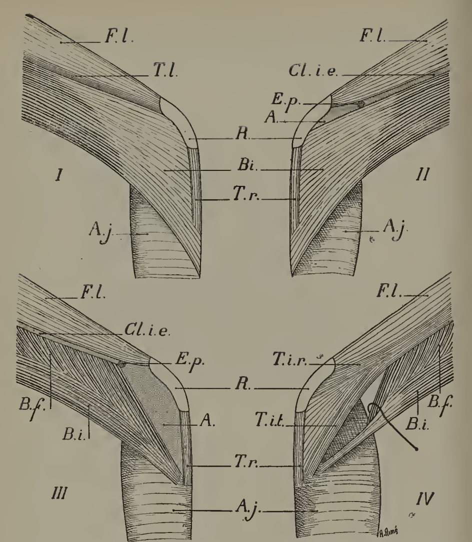


FIGURE 16. — *Le plan tendineux juxta-rotulien externe* (demi-schématique).

TYPE I (Papio). — Le fascia lata, recouvrant le vaste externe et le droit antérieur, se termine sur le bord supérieur de la rotule. Le plan tendineux est formé uniquement par la solide insertion du biceps. A l'union du bord supérieur de ce muscle et du bord inférieur du fascia lata se trouve le *tractus lateralis* de Bluntschli.

TYPE II (Chiromys). — Le biceps remontant moins haut que chez le type précédent, l'espace vide, laissé entre ce muscle et le vaste externe recouvert par le fascia lata, est comblé par une lame triangulaire, *A.*, qui n'est autre que l'épanouissement de la cloison intermusculaire externe de la cuisse.

TYPE III (Alouata). — C'est l'exagération du type précédent ; l'insertion du biceps se localisant sur le tibia, la lame *A.* s'élargit en proportion.

TYPE IV (Homme). — Le biceps et la cloison intermusculaire externe (non représentée, car elle est cachée par le fascia lata) ne jouent plus aucun rôle dans la formation du plan tendineux externe. Celui-ci est uniquement constitué par le fascia lata avec son tractus ilio-tibial et son tractus ilio-rotulien.

F. l., fascia lata ; — *T. l.*, tractus lateralis ; — *T. i. t.*, tractus ilio-tibial ; — *T. i. r.*, tractus ilio-rotulien ; — *Cl. i. e.*, cloison intermusculaire externe avec *A.*, son épanouissement rotulien recouvrant en partie le vaste externe ; — *E. p.*, épicondyle fémoral ; — *R.*, rotule ; — *T. r.*, tendon rotulien ; — *A. j.*, aponévrose jambière ; — *Bi.*, biceps unique des Primates à un seul chef proximal ; — *B. i.*, chef ischiatique, et *B. f.*, chef fémoral des Primates dont le biceps a deux chefs proximaux.

les rotules humaines fossiles sont notablement plus larges que les rotules actuelles, doivent faire admettre que le tendon du quadriceps est, chez lui, en voie de transformation.

Sous le nom de *plans fibreux juxta-rotuliens* nous étudions ensuite les formations fibreuses interposées entre le sésamoïde et le tendon rotulien d'une part, les épicondyles fémoraux et les ligaments latéraux de l'autre. Constants chez tous les primates, ils n'ont été décrits que chez l'homme où ils constituent ce qu'on appelle « ailerons de la rotule » et sont très diversement compris selon les auteurs. Nous montrons que, de chaque côté, ces plans sont formés de deux feuillets superposés, de texture et de valeur très différente.

Le plan profond ou *plan capsulaire* est fait de fibres dont la direction est perpendiculaire à celle de la rotule. Il représente la partie juxtarotulienne de la capsule. Tendu à droite et à gauche du sésamoïde et du tendon rotulien, il est, en général, d'une grande minceur sauf au niveau de sa partie moyenne qui provient, selon les cas, du sésamoïde du jumeau correspondant ou de l'épicondyle du fémur ; il présente à cet endroit un renforcement qui forme le ligament épicondylo-rotulien ou sésamo-rotulien (fig. 15).

Le plan superficiel ou *plan tendineux* est formé soit par les insertions tendineuses, soit par les expansions aponévrotiques de certains muscles. Contrairement au précédent, il est toujours épais et solide et ses fibres sont parallèles ou peu obliques par rapport à la rotule. Du côté externe, les muscles qui peuvent participer à la constitution de ce plan sont, par ordre d'importance, les suivants : biceps, vaste externe, grand fessier et tenseur du fascia lata. D'une façon générale, le développement des expansions tendineuses est en raison inverse du développement des corps musculaires. La figure 16 indique les principaux types que l'on peut observer. Du côté interne, c'est l'expansion aponévrotique du vaste interne qui joue toujours le principal rôle (fig. 15).

Plans fibreux postérieurs.

Sous ce nom, nous désignons l'ensemble des formations fibreuses qui occupent la face postérieure du genou, s'étendant de chaque côté jusqu'aux deux ligaments latéraux externe et interne. C'est à certaines parties de cet ensemble que correspond ce que, chez

l'homme, on appelle ligaments poplités oblique et arqué. Ces plans sont tout autre chose qu'une capsule articulaire et résultent de la condensation et de l'orientation du tissu conjonctif lamelleux situé en arrière des ligaments croisés, entre les deux coques condyliennes. Nous montrons que ce sont les tractions musculaires ou osseuses qui en règlent la structure.

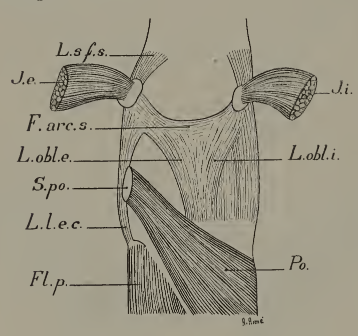


FIGURE 17. — Face postérieure du genou du *tarsier.*

Les deux muscles jumeaux, *J. i.* et *J. e.*, s'attachent chacun sur un sésamoïde. Chaque sésamoïde est uni au fémur par le ligament sésamo-fémoral supérieur, *L. s. f. s.*; — et au tibia par le ligament oblique sésamo-tibial, *L. obl. e.* et *L. obl. i.* Quelques fibres arquées, les fibres arciformes supérieures, *F. arc. s.*, unissent les deux sésamoïdes l'un à l'autre. — *L. l. e. c.*, ligament latéral externe court; — *Fl. p.*, fléchisseur péronier; — *Po.*, poplité se terminant sur *S. po.*, son sésamoïde.

Un premier paragraphe traite de la fréquence des sésamoïdes des jumeaux chez les différents primates et des causes qui déterminent leur apparition. Puis nous étudions la disposition des plans fibreux. Dans le type le plus simple, on peut distinguer (fig. 17) : 1° deux *ligaments obliques* qui partent du bord postérieur du tibia et

divergent chacun vers un des sésamoïdes des jumeaux; — 2° des *fibres arciformes supérieures*, unissant ces deux sésamoïdes entre eux; — 3° un *ligament latéral externe court* qui va du sésamoïde du jumeau externe à la tête du péroné et délimite avec le ligament oblique externe une ouverture que nous appelons *ogive du poplité*.

Quand un des sésamoïdes des jumeaux est absent, on constate que le ligament oblique correspondant est moins net et moins précis : cette disposition est bien visible sur la figure 18.

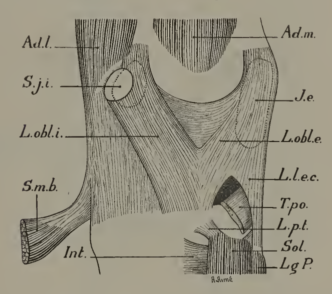


FIGURE 18. — Face postérieure du genou de l'*alouate*.

Les insertions des deux jumeaux sont indiquées par un pointillé. On constate que l'insertion du jumeau externe, *J. e.*, se fait directement sur la coque condylienne, tandis que celle du jumeau interne se fait en partie par l'intermédiaire d'un sésamoïde, *S. j. i.* Il en résulte que le ligament oblique externe, *L. obl. e.*, est beaucoup moins marqué que le ligament oblique interne, *L. obl. i.* Remarquer aussi les rapports que l'adducteur, *Ad. l.*, et le demi-membraneux, *S. m. b.*, affectent avec la coque condylienne interne.

Un troisième type est réalisé lorsque, les deux sésamoïdes gastrocnémiens faisant défaut, le tendon du demi-membraneux entre en relation avec les plans fibreux postérieurs; il y détermine une zone de traction et ainsi se crée un *ligament poplité oblique* (fig. 19). Nos mensurations nous ont montré que l'existence de ce ligament est sous la dépendance de l'angle que fait le fémur avec la verticale ou angle de divergence (voir n° 32). Quand cet angle est nul ou

faible, le tendon du demi-membraneux n'est pas ou est à peine (fig. 18) en contact avec les plans fibreux. Quand l'angle augmente, les relations s'accusent et le ligament apparaît.

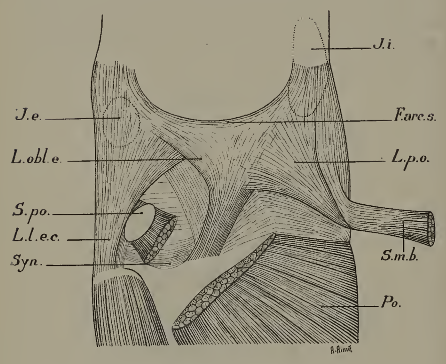


Figure 19. — Face postérieure du genou de l'*alèle*.

L. obl. e., ligament oblique externe ; — *L. p. o.*, ligament poplité oblique rudimentaire, cachant en partie le ligament oblique interne ; — *F. arc. s.*, fibres arciformes supérieures ; — *L. l. e. c.*, ligament latéral externe court ;— *J. e.* et *J. i.*, insertions des deux muscles jumeaux ; — *S. m. b.*, demi-membraneux ; — *Po.*, poplité s'insérant sur *S. po.*, son sésamoïde ; — *Syn.*, toile synoviale fermant l'ogive du poplité et déprimée en une très faible bourse sous-poplitée.

C'est chez l'homme, où l'angle atteint son plus haut degré, que le ligament est le mieux marqué (fig. 20). On le décrit, dans les classiques, comme un troisième tendon du demi-membraneux, conception inexacte tant au point de vue de la phylogénie qu'à celui de l'ontogénie. Le ligament oblique externe et le ligament latéral externe court forment le *ligament poplité arqué* des auteurs. Le ligament oblique interne est masqué par suite du grand développement du poplité oblique. Les fibres arciformes supérieures sont à

peine indiquées, puisque les sésamoïdes des jumeaux font normalement défaut.

Ligament latéral interne.

A l'aide de mensurations comparatives, nous montrons d'abord que les variations de longueur de ce ligament, comme, du reste,

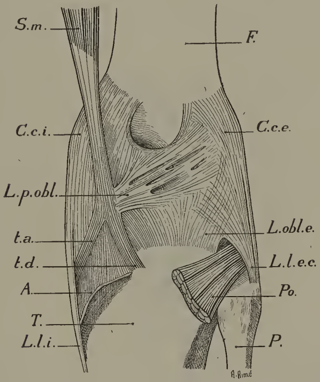


FIGURE 20. — Face postérieure du genou humain.

S. m., muscle demi-membraneux ; — *C. c. i.*, coque condylienne interne ;— *L. p. obl.*, ligament poplité oblique ; — *t. a.*, tendon antérieur et *t. d.*, tendon descendant (ou direct) du demi-membraneux. Entre ces deux tendons se trouve une expansion fibreuse *A.* provenant aussi du demi-membraneux et qui, en bas, se continue avec l'aponévrose de recouvrement du muscle poplité ; — *T.*, surface poplitée du tibia ; — *L. l. i.*, ligament latéral interne ;— *P.*, péroné ; — *Po.*, muscle poplité ; — *L. l. e. c.*, ligament latéral externe court, formant avec *L. obl. e.*, ligament oblique externe, le ligament poplité arqué des classiques ; — *C. c. e.*, coque condylienne externe ; — *F.*, fémur.

celles de l'externe, sont sous la dépendance du mode de locomotion du primate envisagé.

Dans le ligament latéral interne nous distinguons deux parties :

l'une supérieure, qui répond à la capsule articulaire dont elle forme un épaississement plus ou moins net; l'autre inférieure, qui descend le long de la face interne du tibia en recouvrant le tendon du demi-membraneux, puis la partie interne du muscle poplité (fig. 15).

Sutton avait prétendu que ce ligament représentait la portion inférieure du tendon du grand adducteur. Ce muscle aurait eu primitivement une insertion tibiale, puis il aurait adhéré de plus en plus au fémur, à tel point que, l'attache fémorale étant devenue son unique attache distale, la portion fémoro-tibiale du tendon se serait

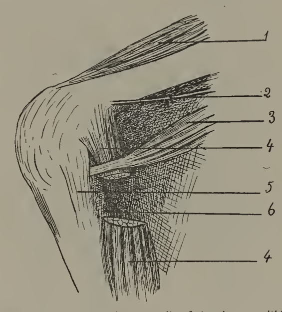


Figure 21. — Face interne du genou d'un fœtus de *cercopithèque*.

1, muscle quadriceps ; — *2*, grêle tendon du grand adducteur ; — *3*, demi-membraneux ; — *4*, jumeau interne ; — *5*, ligament latéral interne ; — *6*, aponévrose de recouvrement du poplité. On voit que la moitié supérieure du ligament latéral interne est absolument indistincte de la capsule et que sa moitié inférieure n'est autre chose que la partie antérieure, épaissie, de l'aponévrose du poplité. Constater aussi que le ligament n'a pas le moindre rapport avec le muscle grand adducteur.

transformée en un ligament. Nous combattons cette opinion que l'examen d'aucun fœtus ni d'aucun adulte ne vient corroborer (fig. 21).

Nous basant sur la disposition de ce ligament chez certains primates et sur l'étude de son développement, nous démontrons : *a*) que sa moitié supérieure représente la portion interne, épaissie,

du manchon capsulaire ; *b*) que sa moitié inférieure représente la portion interne, épaissie, de l'aponévrose de recouvrement du muscle poplité. En continuité complète l'une avec l'autre chez l'homme et la plupart des primates, ces deux moitiés sont encore indépendan-

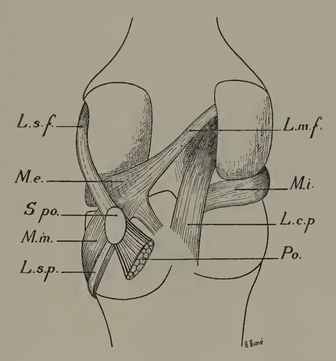


FIGURE 22. — Plans postérieurs profonds du genou du *tarsier*.

On aperçoit le poplité, *Po.*, s'insérant sur son sésamoïde, *S. po.* De celui-ci partent deux ligaments, l'un supérieur, plus épais, s'attache sur le fémur : ligament sésamo-fémoral, *L. s. f.* ; l'autre inférieur, plus mince, s'attache sur le péroné : ligament sésamo-péronier, *L. s. p.* Le ménisque externe, *M. e.*, se termine en arrière sur le fémur par le ligament ménisco-fémoral, *L. m. f.* Le bord inférieur du ménisque émet la membrane méniscale, *M. m.*, qui se fixe en bas sur le péroné ; sur elle repose le sésamoïde du poplité. — *M. i.*, ménisque interne ; — *L. c. p.*, ligament croisé postérieur.

tes l'une de l'autre chez les fœtus ainsi que chez quelques espèces à l'état adulte.

Formations ligamenteuses externes.

Le long de la face externe du genou, deux ligaments se développent chez les primates. L'un, postérieur, est un épaississement de la capsule : c'est le *ligament latéral externe court* que nous avons

décrit avec les plans fibreux postérieurs en montrant comment il contribuait à former le ligament poplité arqué de l'anatomie humaine. Le second, antérieur, est le *ligament latéral externe proprement dit*, toujours situé en dehors de la capsule. Sutton a écrit que ce ligament représentait le tendon fémoral du long péronier latéral. L'indépendance du ligament d'avec la capsule, sa continuation, partielle chez un certain nombre de primates, totale chez quelques autres mammifères non primates, avec les fibres du long péronier, nous font admettre comme bien fondée l'opinion précitée.

Nous étudions ensuite les rapports que présentent le poplité et son tendon avec l'articulation. Le type le plus primitif parmi les primates est celui représenté figure 22 : le muscle s'insère sur un sésamoïde que deux ligaments relient au fémur et au péroné ; entre le sésamoïde et le tibia s'interpose une membrane de glissement, la *membrane méniscale*. A ce propos, nous discutons la théorie d'après laquelle le sésamoïde du poplité représente l'épiphyse supérieure, détachée, du péroné, et le ligament sésamo-fémoral représente le ménisque fémoro-péronier des reptiles et des marsupiaux.

Chez l'homme, où le sésamoïde du poplité fait défaut, le ligament sésamo-fémoral devient le tendon même du muscle. Mais nous montrons que, malgré que leur existence ait échappé à presque tous les auteurs, l'on peut retrouver chez lui le ligament sésamo-péronier et la membrane méniscale des primates inférieurs.

Ligaments croisés.

Ils sont, dans tout le groupe, remarquablement homogènes. Rien dans leurs insertions ni dans leurs rapports ne vient confirmer la théorie qui en fait des tendons musculaires ayant perdu leurs connexions primitives.

Septum médian du genou.

Sous ce nom, nous désignons la cloison cellulo-fibreuse, plus ou moins chargée d'éléments adipeux, qui prolonge en avant le plan des ligaments croisés, en séparant complètement l'une de l'autre les deux articulations condylo-tibiales. Chez certains primates (homme) elle est réduite et forme le *ligament adipeux*. Chez d'autres, elle fait complètement défaut.

Quoique les variations individuelles soient nombreuses, nous

constatons que, d'une façon générale, le septum complet ou presque existe chez les primates à mouvements lents et pondérés tandis qu'il fait défaut chez ceux dont les mouvements sont rapides et agiles. Nous montrons ensuite que l'existence de ce septum, conséquence d'un processus embryologique nécessaire, n'a rien à voir avec une disposition atavique.

Ménisques articulaires.

Nous étudions leurs variations de forme, de structure et d'attaches.

a) Leur forme varie suivant les modes de locomotion : très ouverts chez les sauteurs (fig. 23), ils tendent à se fermer chez les grimpeurs et les coureurs ; chez les singes de l'ancien monde et les anthropoïdes (fig. 24), sauf l'orang, le ménisque externe est même complètement circulaire.

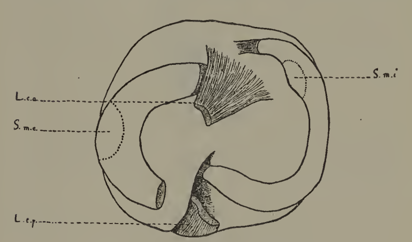


Figure 23. — Ménisques articulaires de *Galago*.

S. m. i., sésamoïde du ménisque interne ; — *S. m. e.*, sésamoïde du ménisque externe ; — *L. c. a.*, attache tibiale du ligament croisé antérieur ; — *L. c. p.*, attache tibiale du ligament croisé postérieur.

b) Leur structure peut se compliquer par l'apparition d'un sésamoïde, soit dans chaque ménisque (fig. 23), soit dans un seul. Nous montrons que ce phénomène est sous la dépendance des facteurs externes : pression et frottement.

c) Tandis que le ménisque interne s'attache sur le tibia par ses

deux cornes, le ménisque externe s'attache sur le fémur par sa corne postérieure qui constitue le *ligament ménisco-fémoral* (fig. 22 et 23). L'homme est le seul primate qui fasse exception, car son ménisque externe s'attache au tibia par ses deux extrémités. Mais le reste de la vieille attache fémorale est représenté par le faisceau décrit dans les classiques sous le nom de « faisceau accessoire du ligament croisé postérieur ». Ce nom est inexact et il s'agit là d'un ligament ménisco-fémoral.

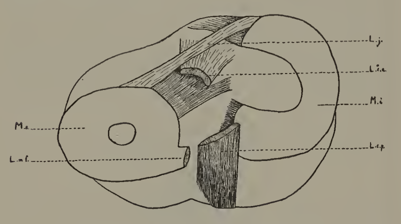


Figure 24. — Ménisques articulaires de *gorille*.

M. e., ménisque externe ; — *L. m. f.*, ligament ménisco-fémoral ; — *M. i.*, ménisque interne ; — *L. j.*, ligament jugal ; — *L. c. a.*, insertion tibiale du ligament croisé antérieur ; — *L. c. p.*, insertion tibiale du ligament croisé postérieur.

Nos conclusions d'ensemble sont les suivantes :

Ce n'est pas tant le degré de parenté plus ou moins proche entre les diverses espèces, qui règle la disposition des ligaments du genou, que l'influence des facteurs physiologiques (insertions musculaires, amplitude et fréquence des mouvements de flexion, étendue des mouvements de rotation, pression, etc.) qui s'exercent sur ces ligaments.

D'une façon générale, la structure de l'articulation du genou permet de distinguer trois types parmi les primates : celui des arboricoles sauteurs ; celui des arboricoles grimpeurs à mouvements lents ; celui des arboricoles grimpeurs à mouvements agiles. Le genou de l'homme se rapproche à beaucoup de points de vue du

second groupe. Mais certains caractères anatomiques particuliers, dont les uns semblent provoqués par une adaptation récente à l'accomplissement de mouvements rapides, dont les autres sont très probablement en rapport avec l'attitude bipède, tendent à en faire un type spécial.

La morphologie comparée de l'épiphyse inférieure du fémur chez les Primates (29, 31, 32)

Alors que le corps et l'extrémité supérieure du fémur ont suscité de nombreux travaux, l'extrémité inférieure de cet os a toujours été négligée. Nous avons tenté de remédier à cette lacune en mettant en relief ceux des points de la morphologie du distum fémoral qui nous ont paru plus particulièrement intéressants au point de vue de l'anthropologie zoologique.

Nous avons étudié à ce sujet 462 fémurs de primates se décomposant ainsi : Lémuriens, 49 ; Platyrrhiniens, 126 ; Catarrhiniens, 127 ; Anthropoïdes, 160. Nous nous sommes donc trouvé en possession d'un riche matériel que nous avons pu comparer aux données acquises pour les fémurs humains.

Les mémoires que nous avons publiés jusqu'ici n'ont trait qu'à deux des caractères du fémur : la robusticité du distum et l'angle de divergence. Dans des mémoires ultérieurs, pour lesquels nous avons déjà rassemblé tous les matériaux, nous comptons étudier : les variations des surfaces articulaires trochléenne et condylienne ; les sillons du poplité et les rayons ligamenteux de l'épiphyse ainsi que leurs rapports avec la station debout.

I. — Etude de la robusticité du distum fémoral

C'est l'étude des dimensions relatives du distum vis-à-vis de l'ensemble du fémur. Ces dimensions ne peuvent être appréciées que par la méthode des indices qui permet de comparer la largeur et l'épaisseur de l'épiphyse à la longueur du fémur prise comme une constante invariable. Nous avons ainsi établi un *indice fémoro-biépicondylien* donné par la formule

$$I = \frac{\text{longueur du fémur}}{\text{largeur du distum fémoral}} \times 10$$

et un *indice fémoro-condylien externe*, ou

$$I = \frac{\text{longueur du fémur}}{\text{diamètre antéro-postérieur du condyle externe}} \times 10$$

Nous étudions d'abord les variations de ces indices chez les primates autres que l'homme et nous recherchons les relations qu'elles peuvent présenter avec l'âge, la taille ou les conditions de vie. Pour ne parler que de l'indice fémoro-biépicondylien, le plus intéressant des deux, la comparaison des huit tableaux où nous avons réuni nos mensurations nous permet d'arriver aux conclusions suivantes :

Les variations de cet indice sont essentiellement sous la dépendance de l'agilité dans les mouvements de l'animal considéré, quel que soit son mode de locomotion : coureur ou grimpeur, quadrupède ou bipède. L'indice croît à mesure que l'agilité diminue. En d'autres termes, un primate à mouvements vifs et rapides aura un distum étroit alors qu'un primate à mouvements lents et pondérés aura un distum large.

Lorsqu'en restant dans les limites d'un même genre on étudie l'influence de la taille de l'animal ou de la longueur du fémur, on constate que celles-ci n'agissent pas. Par contre, l'influence de l'âge est très nette : d'une façon constante, l'épiphyse inférieure est plus large relativement chez les jeunes que chez les adultes.

Chez l'homme actuel, l'indice fémoro-biépicondylien varie de 61 à 48. Le tableau suivant montre que son distum fémoral se classe, par sa largeur relative, à côté de celui des trois grands anthropoïdes et loin de celui de tous les autres primates, gibbon inclus. Il faut ajouter qu'il est moins éloigné de ceux-ci que ne l'est celui des trois grands anthropoïdes.

Chez l'homme de Néanderthal, il semble, d'après les quelques chiffres que nous avons pu recueillir, que l'indice soit, d'une façon constante, plus faible que chez l'homme actuel. Le même rapport existe pour l'indice fémoro-condylien externe. Le distum fémoral des Néanderthaliens était donc plus développé dans les deux dimensions transversale et antéro-postérieure, que celui des hommes actuels et, par ce caractère, il se rapprochait de celui des grands anthropoïdes.

TABLEAU

Principales moyennes de l'indice fémoro-biépicondylien
chez les anthropoïdes et chez l'homme

Gibbons	75
(Majorité des singes non anthropoïdes : autour de 70)	
Australiens	61
Pithécanthrope	58
Anglais	55
Néanderthaliens	48
Chimpanzés	46
Orangs	44
Gorilles	42

II. — Etude de l'angle de divergence du fémur

On sait que, chez l'homme, l'axe du fémur n'est pas vertical, mais oblique en haut et en dehors. Cette obliquité peut être évaluée en mesurant l'angle à sinus supérieur compris entre l'axe de la diaphyse et la perpendiculaire au plan tangent à la face inférieure des condyles ; c'est l'angle de divergence du fémur. Toujours assez marqué chez l'homme, il est beaucoup plus réduit chez tous les autres primates. L'étude de cet angle, de ses causes et de ses variations n'a jamais été l'objet d'un mémoire particulier. Nos mensurations nous ont permis de conclure ce qui suit :

Chez les primates inférieurs aux anthropoïdes, le fémur est habituellement oblique en haut et en dehors, mais cette obliquité est est toujours très faible et l'angle de divergence ne dépasse presque jamais 2°. Quelquefois même l'angle est nul ou encore il est inversé c'est-à-dire que le fémur est oblique en dedans. Nous montrons que la faible obliquité externe normale est en rapport avec la démarche quadrupède de ces animaux. Il est probable qu'elle a pour rôle de compenser la longueur, d'ailleurs fort courte, du col fémoral et de permettre à l'extrémité inférieure du fémur de se trouver dans le même plan vertical et sagittal que l'extrémité supérieure de l'os.

Chez les anthropoïdes, l'angle de divergence est nettement externe : il dépasse 5° chez l'orang, mais oscille entre 2° et 2°30'

pour les trois autres genres. Ainsi, malgré la largeur relative de leur bassin, le fémur des anthropoïdes n'est guère plus oblique que celui des autres singes. Cela tient à ce que ces primates marchent sur le bord externe du pied, les genoux restant très écartés : ainsi les épiphyses supérieures des deux fémurs ne seront guère plus éloignées l'une de l'autre que les deux inférieures.

Chez l'homme, l'angle de divergence atteint un degré bien supérieur à celui de tous les autres primates : il varie entre 8° et 13° pour les races actuelles et semble plus faible pour les races paléolithiques. Nous montrons que cette grande obliquité du fémur humain est due à une double cause : d'abord à l'élargissement du bassin qui rejette en dehors les extrémités supérieures des fémurs ; puis à la marche bipède au cours de laquelle le poids du corps, en même temps qu'il se transmet au sol par les os de la jambe, rapproche les deux genoux l'un de l'autre jusqu'à les amener au contact. L'étude des cas pathologiques (rachitisme, paralysie infantile) met bien en relief cette action de la marche sur le développement de l'angle de divergence chez l'homme.

Dans un dernier paragraphe, nous étudions les causes des variations de l'obliquité dans un même genre ou dans une même espèce. Ces variations sont indépendantes de la taille de l'animal ou de la longueur de son fémur. Chez les primates inférieurs aux anthropoïdes, elles sont aussi indépendantes de l'âge ; mais, chez les anthropoïdes et chez l'homme, il est très net que le fémur des jeunes est moins oblique que celui des adultes. Enfin, chez l'espèce humaine, le fémur féminin est plus oblique que le masculin et nous démontrons que le motif en est l'élargissement du bassin.

Une application immédiate des résultats des deux mémoires précédents peut être faite pour l'étude du *fémur du Pithécanthrope.* On sait que la position systématique des quelques restes fossiles auxquels Dubois a donné ce nom est très discutée. En particulier, les caractères de la calotte cranienne semblent intermédiaires entre ceux de l'homme et ceux du gibbon. Nous avons recherché s'il en était de même pour le distum fémoral.

Or le calcul des deux indices de la robusticité nous a donné des chiffres (voir tableau, page 61) qui entrent tout à fait dans la limite de variabilité des fémurs humains actuels. Ce distum est

donc un peu moins massif que celui des trois grands anthropoïdes et de l'homme de Néanderthal, mais il est beaucoup plus massif que celui du gibbon dont le sépare un très large intervalle.

D'autre part, l'angle de divergence du fémur du Pithécanthrope est de 12°, comparable par suite aux plus obliques des fémurs humains. Cela permettrait de supposer que ce primate avait, comme l'homme, un large bassin et marchait les genoux rapprochés. L'angle moyen du gibbon n'est, au contraire, que de 3°25.

Ainsi *ces deux caractères placent le fémur du Pithécanthrope tout à fait dans la moyenne des fémurs humains actuels*, tout en l'éloignant des anthropoïdes et, plus spécialement, du gibbon. Nous arrivons donc aux mêmes conclusions qu'avait déjà énoncées Manouvrier d'après l'étude de la diaphyse et de l'extrémité supérieure de l'os.

La forme de la diaphyse du tibia chez les Primates (6)

La diaphyse du tibia a normalement, chez l'homme, une forme triangulaire : une coupe transversale montre que les trois faces de l'os sont à peu près d'égales dimensions ; la section de la diaphyse est donc un triangle équilatéral. Chez beaucoup de races préhistoriques et chez quelques peuplades sauvages actuelles, le tibia est aplati transversalement et prend la forme caractéristique dite en « lame de sabre » : c'est la *platycnémie*. En coupe transversale, un tibia platycnémique apparaît comme un triangle isocèle : la face postérieure est remarquablement étroite, tandis que les deux autres sont très allongées. L'aplatissement du tibia se retrouvant chez la plupart des singes, on en a conclu que ce caractère chez l'homme était la persistance atavique d'une disposition simienne.

La platycnémie chez l'homme et les anthropoïdes a été étudiée par Manouvrier. Cet auteur a montré qu'elle était due à l'allongement de la partie de l'os située en arrière de la membrane interosseuse, cet allongement étant lui-même provoqué par un énorme agrandissement de la surface d'insertion du jambier postérieur. L'hypertrophie de ce muscle serait donc la raison primordiale de l'aplatissement du tibia, et l'auteur termine en montrant que ce

sont des conditions fonctionnelles de locomotion qui ont déterminé cette hypertrophie.

Dans notre mémoire, nous avons repris cette question en l'étendant à tout le groupe des primates. Nous apprécions l'aplatissement par l'*indice de platycnémie* dont la formule donnée par Manouvrier, est

$$I = \frac{\text{diamètre transverse} \times 100}{\text{diamètre antéro-postérieur}}$$

ces deux diamètres étant mesurés au niveau du trou nourricier. Lorsque le tibia a une forme de triangle équilatéral, l'indice est de 70 ; au fur et à mesure que l'aplatissement augmente, l'indice diminue, pouvant atteindre 50 ou même moins.

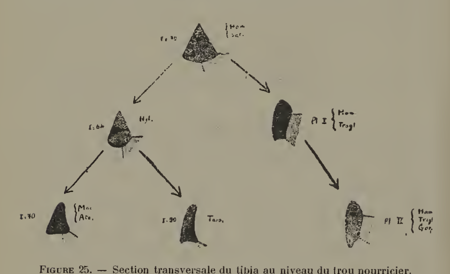


Figure 25. — Section transversale du tibia au niveau du trou nourricier.

Du type triangulaire équilatéral représenté par l'homme (Hom.) et l'orang. (Sat.) partent deux séries. La série platycnémique vraie (Pl. I et Pl. II) est caractérisée par le passage de l'insertion du jambier postérieur sur la face externe : la membrane interosseuse est repoussée en avant. — La deuxième série est caractérisée par l'agrandissement du jambier antérieur. Si, concurremment, le jambier postérieur reste volumineux, le tibia garde sa forme équilatérale (Mac., Ate.). Chez les sauteurs, le jambier postérieur s'atrophie et l'antérieur devient énorme ; alors le tibia s'aplatit (Tars.). Dans cette deuxième série, la membrane interosseuse est toujours repoussée en arrière.

Dans tous ces schémas, l'insertion du jambier postérieur est représentée en grisé ; le trait plein en avant d'elle indique la membrane interosseuse.

Nous avons d'autre part disséqué de nombreuses jambes de primates afin de constater à quelles dispositions musculaires correspondait la morphologie osseuse.

Nos recherches nous ont amené à conclure qu'il existait *deux sortes d'aplatissement du tibia, totalement différents l'un de l'autre.* Pour les comprendre, on peut partir du type moyen représenté par le tibia de l'homme normal ou par celui de l'orang (figure 25). Chez eux, la section de l'os forme un triangle à peu près équilatéral ; l'indice mesure donc 70. La surface d'insertion du jambier postérieur est peu volumineuse et située sur la face postérieure. La face externe est toute entière en avant du ligament interosseux ; elle donne attache dans toute son étendue au jambier antérieur.

Première série. — C'est la vraie série platycnémique, la seule qui mérite ce nom. Il y a aplatissement du tibia par allongement

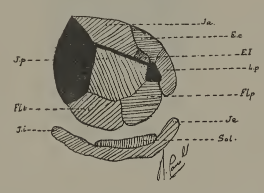


FIGURE 26. — Coupe transversale de la jambe du *chimpanzé*. Type platycnémique I ; indice = 61,7.

de la surface d'insertion du jambier postérieur qui, fait essentiel, se transporte sur la face externe de la diaphyse en repoussant en avant la membrane interosseuse. Cette série comprend deux termes : dans le type platycnémique I, réalisé par l'homme et un certain nombre de chimpanzés (figure 26), seule la surface d'insertion du jambier postérieur est passée sur la face externe. Dans le type platycnémique II, type du gorille, des autres chimpanzés et, exceptionnellement, de l'homme, la surface d'insertion du fléchisseur tibial est elle aussi devenue externe.

Deuxième série. — Le fait caractéristique de cette série est l'accroissement de la surface d'insertion du jambier antérieur. Elle comprend aussi deux groupes. Dans le premier, le jambier anté-

rieur augmente en même temps que le postérieur diminue ; le tibia s'aplatit donc de plus en plus. On arrive ainsi au cas extrême représenté par quelques lémuriens (cf. Tarsius, fig. 27), où le jambier postérieur est presque réduit à zéro, tandis que l'antérieur est

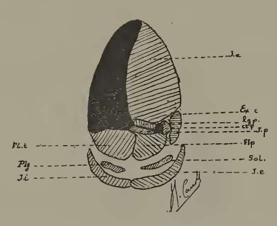


FIGURE 27. — Coupe transversale de la jambe du *tarsier*.
L'aplatissement du tibia est du à l'hypertrophie du jambier antérieur ; indice = 55,5

énorme : l'indice d'aplatissement peut descendre jusqu'à 50 ou même moins.

Dans le second groupe, le jambier antérieur croît sans que le postérieur diminue : le premier restant localisé à la face externe et le second à la face postérieure, l'élargissement du tibia compense son allongement et l'indice reste voisin de 70 (fig. 28) : il n'y a pas aplatissement.

Nous étudions ensuite les raisons qui ont déterminé l'hypertrophie de l'un, ou de l'autre, ou des deux jambiers. En ce qui concerne le postérieur, Manouvrier a établi que son développement était occasionné, chez l'homme, par la marche en terrain accidenté, chez les autres primates par l'action de grimper qui nécessite de constants mouvements d'adduction du pied. Pour le jambier antérieur, nous montrons, par l'étude comparative des mammifères adaptés au saut : kangourou, gerboise, etc., que c'est cette adaptation qui, d'une façon indiscutable, entraîne le grand volume du muscle. Ainsi s'explique que, dans la deuxième série, plus les pri-

mates considérés sont sauteurs, plus leur tibia s'aplatit et l'indice s'abaisse ; plus ils sont grimpeurs, plus l'aplatissement diminue et l'indice s'élève.

Les résultats qui précèdent indiquent que *l'on ne peut assimiler l'aplatissement du tibia de l'homme, du gorille et du chimpanzé à celui des autres singes :* seul, le premier peut être appelé platycné-

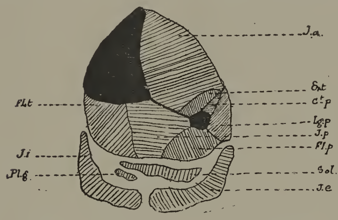


FIGURE 28. — Coupe transversale de la jambe du *macaque*. Tibia triangulaire à peu près équilatéral ; indice = 72.

mie ; le second, dû à l'hypertrophie du jambier antérieur, soit isolée soit combinée à celle du jambier postérieur, se présente sous un tout autre aspect. L'on conçoit donc que, lorsqu'on dit que la platycnémie de l'homme est le rappel d'une disposition primitive, cette opinion, d'ailleurs discutable, n'a le droit d'être émise que si l'on compare le tibia platycnémique humain à celui du gorille ou du chimpanzé ; elle serait manifestement fausse, si on voulait étendre la comparaison aux autres primates.

La formation progressive du biceps crural chez les Anthropoïdes et chez l'Homme (48)

Cette note est le résumé d'un mémoire que nous avons présenté, en 1914, à la Société d'Anthropologie de Paris. Ce mémoire, qui est accompagné de six planches, n'a pu être publié jusqu'ici.

Il est actuellement établi que, malgré son apparente homogénéité, le biceps crural de l'homme correspond à deux muscles de valeur morphologique différente. Le chef ischiatique seul appartient au groupe des fléchisseurs en même temps que le demi-tendineux, le demi-membraneux et l'ischio-condylien. Le chef fémoral appartient au contraire au groupe des fessiers et, chez la plupart des mammifères, les deux muscles sont totalement séparés l'un de l'autre. Nous avons constaté que, chez les anthropoïdes, on assistait à la fusion progressive de ces deux muscles primitivement indépendants et on arrive ainsi peu à peu au type de fusion maxima réalisé par l'homme.

Nos dissections personnelles portent sur quatre orangs, quatre chimpanzés, un gorille, deux gibbons et un certain nombre de fœtus humains. En ce qui concerne les anthropoïdes, nous avons en outre réuni toutes les descriptions myologiques qui ont été publiées jusqu'à ce jour (1914).

Nous établissons d'abord que, dans tous ces cas, l'innervation des deux chefs reste différente : le chef ischiatique est innervé par le sciatique poplité interne, le chef fémoral par le sciatique poplité externe. Même quand le nerf grand sciatique se bifurque tardivement, il est facile, en le dissociant, de reconnaître que l'origine des deux nerfs reste celle que nous avons indiquée.

Nous décrivons ensuite les attaches des muscles chez les différents genres.

Chez l'orang, les deux muscles sont presque toujours indépendants dans leur totalité. Le chef ischiatique a une large insertion qui occupe le tiers inférieur de la ligne âpre du fémur, les bords latéraux de la rotule puis du tendon rotulien, les tubérosités antérieure et externe du tibia et la tête du péroné. Le chef fémoral se détache du tiers moyen de la ligne âpre ; ses faisceaux, obliques en avant et en bas, croisent la face profonde du chef ischiatique sans lui adhérer et se terminent sur la tête du péroné et sur l'aponévrose jambière. A ce niveau, il peut y avoir union entre les deux chefs : celle-ci, toujours partielle et peu étendue, n'existait que 6 fois sur 24 individus.

Chez le chimpanzé, le chef ischiatique se termine par un tendon aplati et relativement étroit sur les tubérosités antérieure et externe du tibia ainsi que sur la tête du péroné. Le chef fémoral se détache

de la partie distale de la ligne âpre et donne naissance à un tendon court mais large dont le tiers supérieur s'insère sur la tête du péroné en s'unissant aux fibres du long biceps, tandis que les deux tiers inférieurs se jettent dans l'aponévrose jambière. Exceptionnellement (2 fois sur 27 individus), la fusion entre les tendons d'insertion des deux muscles était complète.

Chez le gorille, le tendon du chef ischiatique s'insère seulement sur la tubérosité externe du tibia et sur la tête du péroné. Le chef fémoral se divise en deux faisceaux, l'un superficiel qui se soude complètement au long biceps dont il partage l'insertion, l'autre profond qui se perd dans l'aponévrose jambière. Cette division en deux plans est déjà visible sur certains orangs et chimpanzés.

Chez le gibbon, le chef fémoral se jette tout entier sur le chef ischiatique et leur tendon commun, aplati et étroit, se termine sur la tubérosité externe du tibia et, un peu, sur la tête du péroné. Une seule fois sur 15 individus les deux muscles gardaient leur indépendance jusqu'au bout : il s'agissait d'un fœtus.

Chez l'homme adulte, les deux chefs se fusionnent précocement en un long tendon commun arrondi dont l'attache se fait pour la majeure partie sur la tête du péroné, pour une faible part sur la tubérosité externe du tibia. Nos dissections nous ont montré que, *chez le fœtus,* le tendon commun, aplati et relativement plus large, a une insertion tibiale bien plus étendue que chez l'adulte; constamment il envoie une expansion à l'aponévrose jambière. D'autre part, il ne reçoit pas toutes les fibres de la courte portion, mais une partie de celles-ci croisent la face profonde du long chef sans lui adhérer et s'attachent, isolément, à la tête du péroné.

Les données qui précèdent montrent que, lorsqu'on étudie le biceps crural dans l'ordre que nous avons adopté, on assiste à deux phénomènes simultanés : la réduction progressive des attaches des deux chefs et la fusion en un seul de leurs deux tendons d'insertion. Nous montrons que, de ces deux phénomènes, le second paraît être la conséquence du premier : la formation du muscle biceps aux dépens de deux muscles primitivement indépendants serait donc le résultat de la condensation des attaches des deux muscles sur l'espace restreint que représentent la tête du péroné et la tubérosité externe du tibia.

Si, d'autre part, on étudie la physiologie du genou, on constate

que, plus les insertions musculaires sont reportées haut, plus la possibilité d'extension de l'articulation augmente : chez l'orang, qui débute la série, le genou dépasse à peine la demi-flexion, tandis que dans l'espèce humaine non seulement l'extension complète, mais souvent un léger degré d'hyperextension sont possibles.

Nous concluons que la formation du biceps crural, tel qu'il existe chez l'homme, marche de pair avec la production des mouvements d'extension complète de la jambe sur la cuisse. Il est évident que ces deux dispositions sont en rapport avec l'apparition de la marche bipède.

III. — ANATOMIE SPÉCIALE DE L'HOMME: Embryologie ; anatomie normale et variations

Le développement du glomérule coccygien chez l'homme (49, 50)

Le glomérule coccygien est actuellement considéré soit comme un paraganglion, soit comme un glomérule vasculaire artério-veineux. L'une comme l'autre théorie déclarent s'appuyer sur des recherches embryologiques : d'après les partisans de la théorie paraganglionnaire, le glomérule se différencie aux dépens de cellules sympathiques ; d'après ceux de la seconde théorie, il résulte de la transformation des cellules musculaires embryonnaires de la media de l'artère sacrée moyenne.

Nos recherches, commencées en 1910, au laboratoire d'embryologie de la Faculté de Toulouse, puis continuées simultanément aux laboratoires d'anatomie de Montpellier et de Marseille, sont basées sur l'examen d'une trentaine de fœtus et d'embryons et d'une dizaine d'enfants de différents âges.

Dans une première note, nous décrivons l'apparition du glomérule coccygien et ses stades les plus précoces. Il est visible pour la première fois sur un embryon de 4,5. C'est un très petit amas, formé de cellules arrondies dont les plus internes s'appliquent contre la paroi de l'artère sacrée moyenne à l'endroit où celle-ci contourne la pointe du coccyx, et les plus externes se perdent dans le tissu conjonctif avoisinant. La tunique musculaire de l'artère faisant complètement défaut, les cellules sont directement appliquées contre l'endothélium. D'autre part, l'amas est longé par un très fin nerf sympathique qui, issu du ganglion précoccygien médian, descend le long de la face ventrale du coccyx.

Cette ébauche va croître et se développer progressivement. Les

cellules deviennent de plus en plus en plus nombreuses, se pressent contre la paroi de l'artère et prennent un aspect épithélioïde. En dehors, une capsule conjonctive se forme et isole le glomus du tissu environnant. D'autre part, de nombreux vaisseaux apparaissent dans l'intérieur de l'amas et les cellules tendent à s'organiser autour d'eux en lobules que des prolongements conjonctifs de la capsule contribuent à délimiter.

A aucun de ces stades, pas plus au début qu'à la fin, on ne voit de cellules sympathiques. Il y a seulement une juxtaposition étroite de l'ébauche du glomérule et du cordon nerveux précoccygien. *La théorie de l'origine parasympathique peut donc être rejetée.*

D'autre part, quand apparaissent les premières cellules du glomérule, la tunique moyenne de l'artère n'est pas encore différenciée et le vaisseau n'est limité que par un endothélium. *On n'a donc pas le droit de dire que le glomus résulte d'une transformation des cellules musculaires de la media.* Il semble plutôt que les unes et les autres proviennent d'une différenciation des cellules connectives du tissu périvasculaire.

Dans une seconde note, nous étudions les derniers stades de l'organisation du glomérule coccygien. Nous précisons son architecture et sa fragmentation (glomérules accessoires), la localisation et la nature du tissu de soutien, les connections topographiques et génétiques avec la tunique musculaire de l'artère sacrée moyenne.

Le développement du canal dentaire inférieur et la vascularisation des dents de la mâchoire inférieure aux différents âges (19)

Nous faisons d'abord un court historique de cette question très peu étudiée. Les principales données qui existent à ce sujet sont celles de Serres d'après lequel il y aurait, chez le nouveau-né, un canal osseux spécial contenant des vaisseaux destinés uniquement aux dents de lait.

I. — Développement du canal dentaire

Au commencement du 4[me] mois de la vie fœtale, chaque moitié de la mandibule a la forme d'une gouttière à concavité supérieure

dans laquelle on ne voit encore aucune cloison de séparation, aucun indice des futurs alvéoles. Mais on constate que, dans toute sa moitié postérieure, son plancher est creusé d'une rigole qui s'efface au niveau de la moitié antérieure de l'os.

Pendant le 4me mois, la rigole s'accroît de plus en plus en avant. Elle augmente en même temps de profondeur et il arrive un moment où, sauf en quelques endroits, ses deux lèvres se rejoignent au-dessus d'elle, la transformant en un canal complet. C'est le canal dit « de la dentition temporaire », qu'il est meilleur d'appeler *canal de Serres*.

Au 5me mois, ce canal est bien isolé. Il court sous la gouttière alvéolaire au niveau des molaires et de la canine. Il n'est, dans ce trajet, séparé de cette gouttière que par une lame osseuse extrêmement mince et d'ailleurs incomplète car elle fait défaut au niveau de la seconde molaire de lait et de la moitié postérieure de la première (fig. 29). Parvenu au-dessous de l'alvéole de la canine, le



FIGURE 29. — Fœtus 17,5/26. Côté gauche. Vue supérieure.
Le trait plein indique le trajet du futur canal dentaire; le trait en blanc celui du canal de Serres.

canal de Serres s'infléchit au dehors et s'ouvre sur la face externe de la mandibule par un orifice petit, mais bien visible, situé à mi-distance des bords supérieur et inférieur de l'os. Quant au *canal dentaire proprement dit*, il n'est encore représenté que par son orifice postérieur, tandis que ses deux branches de terminaison, canal mentonnier et canal incisif, sont la première tout à fait constituée, la seconde déjà bien ébauchée.

Dans les mois suivants, le canal dentaire s'individualise par un mécanisme analogue à celui qui a présidé à la formation du canal de Serres ; il apparaît dans le fond de la gouttière alvéolaire, comme une rigole qui, progressivement, s'approfondit. Les

figures 29 et 30 montrent que sa transformation en canal se fait d'avant en arrière.

Au moment de la naissance, le canal dentaire fait encore défaut au-dessous du follicule de la 2me molaire de lait. Le canal de Serres, qui en est indépendant, a son orifice d'entrée au-dessous et en

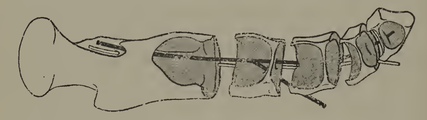


FIGURE 30. — Fœtus 30/42. Côté droit. Vue supérieure.
Le trait plein indique le canal dentaire inférieur ; le trait en blanc le canal de Serres.

dehors de celui du canal dentaire ; il se dirige en avant, puis décrit une légère courbe à concavité externe et débouche au dehors par un orifice situé entre la symphyse et l'orifice mentonnier, plus près que ce dernier du bord inférieur de l'os. Souvent, sa portion anté-



FIGURE 31. — Mandibule d'adulte. Face interne de la branche montante.
Persistance de l'orifice postérieur du canal de Serres.

rieure est oblitérée. Enfin il existe fréquemment un petit canal spécial, le *canal mandibulaire*, qui aboutit à l'ébauche de la molaire de 6 ans.

A partir de la naissance, le canal dentaire va s'isoler en se constituant une paroi supérieure, tandis que le canal de Serres se réduit de plus en plus et tend à disparaître. Chez l'adulte, le canal fait normalement défaut ; mais sa persistance, partielle ou totale, peut s'accuser soit par la présence de son orifice antérieur, soit par celle de son orifice postérieur, soit par la coexistence des deux.

La persistance de l'orifice antérieur correspond à ce que les auteurs appellent généralement un trou mentonnier surnuméraire. Sur 300 individus nous le trouvons avec une fréquence de 14 %. La persistance de l'orifice postérieur est beaucoup plus commune : 49 % (figure 31) ; nous sommes cependant les premiers à la mentionner.

II. — La vascularisation des dents de la mâchoire inférieure aux différents âges

Nous avons étudié 15 enfants ou fœtus dans les carotides desquels nous avons injecté une solution de minium dans la térébenthine. Chaque maxillaire a été successivement radiographié puis disséqué.

Chez le fœtus, les dents sont irriguées par l'artère dentaire inférieure et l'artère mentonnière. La première chemine dans le canal dentaire proprement dit et dans la rigole qui lui fait suite. Elle envoie plusieurs rameaux au follicule de la molaire de six ans ainsi qu'à ceux de la deuxième prémolaire et de sa dent de remplacement. A ce niveau l'artère, à peu près complètement épuisée, se termine en s'anastomosant à plein canal avec le rameau que lui envoie l'artère mentonnière.

L'artère mentonnière est, à ce stade, une collatérale de l'artère faciale. Elle pénètre dans l'os par le trou mentonnier et débouche dans la gouttière alvéolaire au-dessous du follicule de la première molaire de lait. Là, elle se divise en deux branches : une postérieure, très courte, qui donne les rameaux artériels du follicule de la première prémolaire puis s'anastomose avec la terminaison de l'artère dentaire inférieure ; une antérieure qui pénètre dans le canal incisif et irrigue aussi bien les follicules des dents de lait sus-jacentes que ceux de leurs dents de remplacement.

Après la naissance, il y a accroissement progressif du territoire de l'artère dentaire inférieure. Chez un enfant de trois ans (fig. 32),



Figure 32. — Radiographie de la mandibule d'un enfant de trois ans ; les artères sont injectées au minium.

on voit que cette artère arrive jusqu'à la première molaire de lait qu'elle irrigue. L'artère mentonnière, quoique moins volumineuse, est toujours une branche de la faciale. En outre, nous avons observé l'apparition d'une nouvelle artère venue de la sublinguale.

Chez l'adulte, le territoire de l'artère dentaire inférieure s'est étendu à toutes les dents et la mentonnière est devenue une branche de cette artère. L'artère sublinguale envoie toujours un rameau au maxillaire, mais celui-ci ne semble plus jouer de rôle dans la vascularisation des dents (voir n° 1).

Quant au canal de Serres, chez l'enfant comme chez le fœtus, il ne contenait jamais de vaisseaux destinés aux dents. Nous n'avons pu y suivre que de très petites artérioles inconstantes et un assez gros vaisseau veineux.

Ainsi *il n'y a pas d'artère de la dentition temporaire à opposer à une artère de la dentition permanente*. Mais chez le fœtus le territoire de l'artère dentaire est beaucoup moins étendu que chez l'adulte, toute la partie antérieure de la mandibule étant irriguée par l'artère faciale.

Recherches sur le trajet et les anastomoses du nerf musculo-cutané au niveau du bras (25[illegible], 61)

Ce mémoire, accompagné de 16 figures, a été présenté à la Faculté de Médecine de Montpellier et a obtenu le prix Sviécicki (1914). Ses principales conclusions ont fait l'objet d'un article qui doit paraître dans un des prochains fascicules de l'*American Journal of Anatomy*.

Basées sur l'étude de 200 bras, nos recherches nous ont montré que les dispositions, apparemment si variables, du nerf musculo-cutané dans sa portion brachiale, se laissaient ramener à quatre grands types, chacun de ceux-ci étant lui-même divisible en un certain nombre de variétés secondaires.

Premier type.

Le nerf musculo-cutané se détache de la racine externe du médian.

C'est la disposition classique et de beaucoup la plus fréquente : 88,5 %. Elle se subdivise en trois variétés.

Première variété. — Il n'existe pas d'anastomoses allant du

musculo-cutané au médian. Cette variété existe 55 °/₀ et, presque toujours, le nerf perfore le coraco-brachial.

Deuxième variété. — Il existe une anastomose allant du musculo-cutané au médian : 31,5 °/₀. Celle-ci peut naître à des niveaux très variables, ce qui nous a permis de distinguer plusieurs groupes :

Premier groupe : L'anastomose, très haut située, est à peine distincte de la racine externe du médian, parfois même elle est tout à fait accolée à celle-ci. Cette disposition est rare : 4,5 °/₀.

Deuxième groupe : L'anastomose se détache du musculo-cutané à une hauteur quelconque, comprise entre la naissance du nerf et le point où il perfore le coraco-brachial. Dans tous ces cas, et contrairement au groupe précédent, elle est bien distincte de la racine externe du médian dont la sépare constamment une veinule : veine humérale externe ou veine circonflexe antérieure : 10 °/₀.

Troisième groupe : L'anastomose se détache du musculo-cutané dans l'épaisseur du coraco-brachial qui se trouve, ainsi, subdivisé en trois faisceaux : 2 °/₀.

Quatrième groupe : L'anastomose se détache du musculo-cutané après qu'il a traversé le coraco-brachial : 8,5 °/₀.

Cinquième groupe : L'anastomose existe, bien distincte, mais, le nerf musculo-cutané ne traversant pas le coraco-brachial, il est impossible de classer d'une façon exacte le niveau auquel elle se trouve par rapport au muscle : 6,5 °/₀.

Troisième variété. — Il existe deux anastomones allant du nerf musculo-cutané au nerf médian : 2 °/₀.

Deuxième type.

Le nerf musculo-cutané naît du tronc du nerf médian : 3 °/₀.

Première variété. — Il n'y a pas d'anastomoses entre les deux nerfs : 1,5 °/₀.

Deuxième variété. — Il y a une anastomose allant du musculo-cutané au médian : 1,5 °/₀. Quand cette anastomose est volumineuse, on a l'impression que le musculo-cutané, sorti du médian, y rentre et qu'il s'agit d'un simple dédoublement de ce dernier nerf.

Troisième type.

Le nerf musculo-cutané n'existe pas en tant que nerf individua-

lisé; ses différentes branches naissent, séparément les unes des autres, du tronc du nerf médian ou de sa racine externe.

Ce type est le plus rare de tous : 2 °/₀.

Quatrième type.

Dans les deux premiers des types précédents, l'anastomose, quand elle existait, se dirigeait du nerf musculo-cutané vers le nerf médian. Il arrive cependant parfois qu'il existe une autre anastomose, dirigée en sens contraire, c'est-à-dire allant du médian vers le musculo-cutané. Testut a montré que la présence de cette anastomose était beaucoup plus rare que ne le croyaient les vieux auteurs classiques. Elle nous permet de considérer un quatrième type ainsi défini :

Le nerf musculo-cutané peut, de par sa disposition vis-à-vis du médian, être rangé dans un des types précédents, mais il existe, en outre, une anastomose allant du médian vers le musculo-cutané.

Ce type est réalisé 6,5 °/₀ ; la superposition des différentes anastomoses y est parfois assez complexe pour qu'il mérite le nom de type plexiforme.

Considéré à un point de vue d'ensemble, et indépendamment du type, l'anastomose entre les deux nerfs existe 41,5 °/₀. Il semble que celle-ci soit un peu plus fréquente à gauche qu'à droite. Mais il n'y a pas les différences sexuelles que certains auteurs avaient cru trouver.

En ce qui concerne les rapports du nerf musculo-cutané avec le muscle coraco-brachial, notre statistique montre que la non-perforation ne s'observe que 14,2 °/₀. Elle semble être plus fréquente à gauche, plus fréquente aussi chez la femme.

Tout à fait exceptionnellement, le musculo-cutané ou une de ses branches peuvent perforer un autre muscle que le coraco-brachial : biceps brachial (2 cas observés) ou brachial antérieur (1 cas).

La terminaison de l'artère sublinguale chez l'homme (1)

L'artère sublinguale se divise en deux branches terminales : l'une inférieure, l'autre supérieure. La branche inférieure ou *rameau*

mentonnier a été minutieusement décrite par Bertelli ; elle donne des rameaux au menton et à la lèvre inférieure. La branche supérieure, que nous avons appelée *rameau maxillaire*, est surtout destinée à la partie moyenne du corps du maxillaire inférieur. Nous montrons que ce rameau maxillaire s'anastomose dans l'épaisseur de l'os : avec la branche inférieure du côté opposé, avec le rameau incisif de la dentaire inférieure et enfin, dans certains cas, avec la ramification artérielle qui pénètre dans le conduit mentonnier médian.

Recherches anatomiques sur la longueur et l'exploration de l'œsophage thoracique (23)

Certains auteurs ont prétendu que, lorsqu'on pratique une œsophagotomie cervicale basse et une gastrotomie et que, par chacune des deux plaies, on introduit un index dans l'œsophage thoracique, les deux doigts, supérieur et inférieur, arrivent au contact. Ainsi la totalité de l'œsophage thoracique pourrait être explorée par un opérateur, fait dont l'utilité est manifeste au point de vue de la recherche des corps étrangers.

Des considérations anatomiques théoriques (variations de longueur de l'œsophage suivant les individus, leur taille, leur sexe) nous ayant fait douter de la possibilité de cette exploration totale, nous avons pratiqué des expériences sur 13 cadavres, compte étant tenu des dimensions de l'œsophage thoracique et de celles du tronc. Nous exposons les résultats obtenus pour chaque sujet.

Nous concluons que, même sur le cadavre, l'exploration digitale de l'œsophage thoracique n'est presque jamais possible dans sa totalité : entre le doigt cervical et le doigt abdominal, il persiste presque toujours un espace inexplorable, d'une longueur de 2 cm. en moyenne. La considération de ce qui a lieu chez le vivant nous porte à penser que, chez celui-ci, cet espace doit au moins doubler.

Ces données anatomiques nous conduisent à rejeter, comme insuffisante, la méthode opératoire proposée.

Malformations craniennes dues à l'hydrocéphalie tardive (17)

Nous étudions quatre crânes du Musée de Montpellier caractérisés par : une brachycéphalie exagérée, une voussure occipitale très marquée, une multiplication des os wormiens, enfin du métopisme.

Ces modifications doivent être interprétées comme résultant d'une hydrocéphalie survenue après la naissance.

Principales anomalies recueillies à la salle de dissection

Considérations sur leur genèse et leur interprétation

Pendant nos différents séjours à la salle de dissection, entre les années 1909 et 1920, nous avons observé de nombreuses anomalies. Parmi celles-ci, nous avons recueilli et publié celles qui nous ont paru plus particulièrement intéressantes au point de vue des conséquences anatomiques ou chirurgicales qu'on pouvait en tirer.

Système musculaire.

1° *Les chefs surnuméraires du biceps brachial* (12). — Sur 18 sujets étudiés systématiquement, nous avons trouvé 12 fois un chef anormal, soit une fréquence de 1/3, chiffre très élevé eu égard aux statistiques des différents auteurs.

Après la description des chefs anormaux, nous étudions les causes probables de leur apparition, leur fréquence relative chez les blancs et chez les nègres, et les conséquences qu'on peut en tirer au point de vue de la phylogénie de l'espèce humaine.

2° *La signification du ligament de Gerdy* (16). — A propos d'un faisceau musculaire développé dans le bord inférieur du ligament de Gerdy, nous discutons les principales théories émises sur la valeur morphologique de ce ligament. Nous concluons, avec Sabatier, qu'il appartient au système du pectoral profond.

3° *Muscle palmaire surnuméraire* (14). — Un tel muscle n'est

pas exceptionnel, mais ce qui fait l'intérêt de notre cas c'est que son tendon se dédouble et embrasse dans sa bifurcation le nerf médian qui présente, à ce niveau, une boutonnière. Les deux anomalies, musculaire et nerveuse, sont évidemment sous la dépendance l'une de l'autre.

4° *Distribution anormale des extenseurs du pouce et de l'auriculaire* (33). — Nous décrivons un cas dans lequel les muscles long extenseur du pouce et extenseur propre du 5me doigt donnaient chacun naissance à quatre tendons digitaux.

Système vasculaire.

1° *Anomalie de l'artère axillaire* (2). — Il s'agit d'un sujet sur les deux bras duquel les artères circonflexes et scapulaire inférieure, ainsi que les collatérales de l'humérale, naissaient de l'axillaire par un seul tronc.

2° *Anomalie de l'artère humérale* (3). — L'artère humérale se bifurque à la partie supérieure du bras pour donner un tronc profond qui fournira les récurrentes cubitales et les interosseuses, et un tronc superficiel qui donnera les artères radiale et cubitale. Nous montrons l'importance chirurgicale d'une telle anomalie.

3° *Canal veineux transpétreux* (13). — Nous décrivons une grosse veine émissaire qui faisait communiquer, à travers le rocher, le sinus pétreux supérieur et la veine jugulaire interne; le canal osseux qui logeait cette veine avait un diamètre égal à la moitié de celui du conduit auditif interne.

Système splanchnique.

1° *Foie anormal* (4). — Le lobe gauche est extrêmement réduit tandis que le lobe droit, vertical, est sillonné de volumineuses empreintes, costales et diaphragmatiques. A ce sujet, nous discutons le mécanisme de la production de ces sillons.

2° *Hypertrophie de la boule de Bichat* (21). — Sur un nègre adulte, la boule de Bichat occupe toute la joue, comme c'est le cas habituel chez le fœtus. Après une description de cette boule et de ses prolongements, nous discutons l'étiologie et les symptômes des lipomes de la joue dus à une telle hypertrophie.

IV. — TÉRATOLOGIE

Hémimélie longitudinale externe du membre supérieur (11)

Il s'agit d'un fœtus à terme mort-né.

Squelette et articulations.— La radiographie et la dissection montrent une absence complète du radius. L'articulation huméro-cubitale est en luxation postérieure avec une forme des surfaces articulaires correspondant à cette luxation.

Au niveau du carpe nous notons l'absence du rayon externe (scaphoïde, trapèze, trapézoïde). Cependant le grand os émet une apophyse qui répond au trapézoïde.

Métacarpe et phalanges ne sont représentés que par quatre segments digités normalement constitués. La main est en très forte abduction et le carpe luxé sur la face antérieure du cubitus.

Muscles (fig. 33).— Ceux de l'épaule sont normaux. Notons cependant l'existence d'un faisceau correspondant à l'acromio-clavicularis lateralis de Knott et Krause. Le grand rond est absent.

Au bras, la longue portion du biceps n'existe pas. En bas, ce muscle se termine sur l'épicondyle de l'humérus. De même le brachial antérieur ne s'insère en bas que sur l'épitrochlée et la face antérieure de la capsule articulaire du coude (l'apophyse coronoïde du cubitus est absente). La longue portion du triceps s'insère tout le long du bord externe de l'omoplate.

Les muscles antérieurs de l'avant-bras sont divisés en deux couches. Leur direction est très oblique par suite de la forte abduction de la main. Signalons l'existence d'un muscle court cubital antérieur. Peut-être ce muscle représente-t-il le carré pronateur absent.

A la main, il n'existe aucun muscle de l'éminence thénar.

Nerfs.—Nous décrivons leur trajet aussi exactement que possible. Dans cette anomalie relativement assez rare, la main bote très

accentuée nous paraît être une conséquence mécanique de l'absence du rayon externe.



FIGURE 33. — Muscles du bras et de l'avant-bras (côté de la flexion).

Etude anatomique d'un fœtus exencéphalien (22)

Nous décrivons un fœtus exencéphalien appartenant au genre iniencéphale.

Le cerveau fait hernie par une large ouverture qui occupe toute la région occipitale du crâne : en conséquence, les diverses pièces osseuses correspondant à l'occipital sont réduites et rejetées sur les côtés. En bas, l'ouverture se prolonge par un large spina bifida de la colonne cervicale et des premières dorsales.

Grossesse gémellaire monoamniotique et enroulement des cordons (15)

Les grossesses univitellines monoamniotiques sont très rares : 1 sur 10.000.

A l'occasion de ce cas, nous examinons, à la lumière des données embryologiques récentes, les théories émises sur leur origine. Nous discutons les doctrines classiques qui invoquent soit la polyspermie, soit la fécondation d'un ovule à deux noyaux. Nous croyons qu'il s'agit plutôt d'un cas de polyembryonie analogue à celui qui a été, depuis peu de temps, étudié chez les tatous. Nous montrons ensuite que, si vraiment la cavité amniotique apparaît chez l'homme comme une fente dans l'épaisseur de l'ectoderme embryonnaire, les grossesses univitellines sont, fondamentalement, biamniotiques ; la résorption de la cloison de séparation serait secondaire.

Dans un dernier paragraphe, nous étudions les causes qui ont pu amener l'enroulement des cordons.

Etude anatomique d'un chien hypospade (18)

L'hypospadias, bien étudié chez l'homme, n'a été qu'exceptionnellement décrit chez les mammifères. C'est pour cette raison que nous avons consacré un assez long mémoire à l'exemplaire que nous avons eu en mains. La figure 34 indique sous quel aspect se présentaient les organes génitaux externes. Il semble, à première vue, qu'il s'agisse d'un épispadias, l'orifice urétral paraissant situé dans le cul-de-sac marqué 4. En réalité, il n'y a en cet endroit

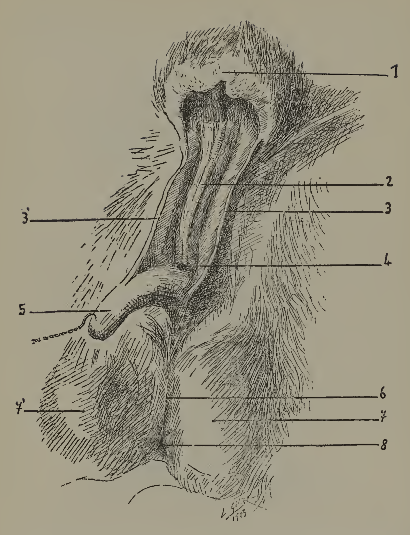


FIGURE 34. — Le chien a été couché sur le dos, les cuisses écartées, de façon à montrer à la fois la paroi abdominale inférieure et le périnée. On voit sur la paroi abdominale :

1, le *bourrelet transversal cutanéo-muqueux ;* 2, la *gouttière muqueuse* bordée par 3, 3' les *replis latéraux ;* 4, le cul-de-sac déterminé par la jonction de la gouttière avec la face supérieure du pénis ; 5, le *pénis*, érigné à droite.

Sur le périnée : 6, *gouttière périnéale* bordée à droite et à gauche par 7 ; 7', les *bourses ;* 8, l'*orifice urétral*.

qu'un diverticule borgne et l'urètre s'ouvre beaucoup plus loin en arrière, à 2 cm. de l'anus. C'est donc un hypospadias périnéal.

Au cours de notre description, nous passons successivement en revue l'urètre, l'appareil érectile, l'os pénien, les muscles du périnée antérieur, la gouttière muqueuse prépénienne et le bourrelet transversal qui la limite. Des coupes schématiques rendent plus claire cette description que nous faisons au double point de vue anatomique et histologique. Nous insistons, en particulier, sur le fait que, malgré la quasi-absence du corps spongieux de l'urètre pénien, le gland est normalement conformé dans ses trois quarts dorsaux ; c'est là un argument de plus en faveur de la théorie qui admet l'indépendance morphologique du gland et du corps spongieux.

L'interprétation de cette anomalie est particulièrement difficile car le pénis du chien, dont la gaine est un dédoublement de la paroi abdominale, ne se développe pas comme le pénis libre de l'espèce humaine. Si l'on en croit les renseignements acquis sur le développement du tubercule génital du mouton, l'urètre se formerait en grande partie par accroissement interstitiel : seule, son extrémité résulterait de la fermeture d'une gouttière urétrale analogue à celle de l'homme. Nous basant sur ces données, nous admettons que la cause de l'anomalie considérée réside en un non-accroissement du plancher de l'urètre embryonnaire : il en résultera une absence totale de la paroi inférieure de l'urètre spongieux.

Anomalie des organes génitaux externes chez un singe (5)

Nous avons observé cette anomalie sur un petit singe d'Amérique femelle. Le clitoris est muni d'un prépuce complet et fait une très forte saillie. La fente vulvaire est située sur sa face inférieure.

V. — VARIA

La ration alimentaire des prisonniers français en Allemagne (28)

La pesée rigoureuse des aliments fournis à un camp de prisonniers pendant deux semaines montre que la ration alimentaire journalière variait entre 1.500 et 2.000 calories. Or la ration normale doit être de 2.400.

Fracture du crâne et dysarthrie (46)

Il s'agit d'un enfant chez lequel des lésions anciennes de la pariétale ascendante gauche avaient entraîné une dysarthrie très marquée. Néanmoins, la circonvolution de Broca était intacte.

Revue annuelle d'Anatomie (30, 51)

Depuis 1918, la direction de la *Revue générale des Sciences* nous a chargé, en collaboration avec M. R. Anthony, de rédiger sa *Revue d'Anatomie*. Il s'agit d'un exposé annuel dans lequel sont présentés les principaux résultats récents acquis par la science anatomique française et étrangère.

Nous donnons seulement les titres des différents chapitres.

Revue d'Anatomie, 1919.

I. Les ouvrages généraux sur le déterminisme morphologique et l'adaptation.

II. Les idées nouvelles sur la constitution des ceintures.

III. Les recherches sur les organes génitaux des mammifères.

IV. Les plissements néopalléaux des primates (morphologie et développement).

V. La villosité du placenta et ses mitochondries.

Revue d'Anatomie, 1920.

I. Les données nouvelles sur la morphologie comparée du péritoine.

II. Le squelette du membre postérieur : anatomie comparée et anthropologie.

III. Les travaux récents sur l'anatomie et la phylogénie des proboscidiens.

IV. Les travaux récents sur l'anatomie et la phylogénie des cheiroptères.

TABLE DES MATIÈRES



Montp., Imp. Coopérative Ouvrière, 14, av. de Toulouse